

MANUAL DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE EN POBLACIONES RURALES

ING. EDUARDO GARCIA TRISOLINI

Lima, junio 2009

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	Pág.
I. INFORMACIÓN BÁSICA.	4
1. Aspectos sociales.	
2. Aspectos logísticos y legales.	
3. Topografía.	
4. Hidrología.	
5. Geología.	
II. PLANEAMIENTO.	10
1. Demanda de agua.	
2. Oferta de agua.	
3. Componentes del sistema.	
III. TUBERÍAS.	18
1. Cálculo de caudales.	
2. Resistencia a la presión.	
3. Recomendaciones para su instalación.	
IV. DISEÑO DE CAPTACIONES.	27
1. Manantiales.	
2. Aguas subterráneas.	
3. Ríos o canales.	
V. DISEÑO DE LINEAS DE TUBERÍAS Y RESERVORIOS.	36
1. Conducción / impulsión.	
2. Aducción y distribución.	
3. Reservorio.	
VI. DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE FILTRO LENTO.	51
1. Descripción general.	
2. Proceso de tratamiento.	
3. Recomendaciones para el diseño.	
4. Recomendaciones para su operación y planeamiento	

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente manual, es dar un instrumento que facilite a los proyectistas y a los evaluadores de proyectos de agua potable y saneamiento, en poblaciones rurales (normalmente en poblaciones menores a 5,000 habitantes) en la elaboración de expedientes técnicos y en la evaluación de los mismos.

Para cumplir el objetivo, el manual tiene las siguientes características:

- √ *Carácter integral de los aspectos a considerarse en los programas y proyectos de agua potable y saneamiento, en la planificación y el diseño.*
- √ *Tipo de ayuda memoria con todos los aspectos a considerarse. Es un check list para la elaboración de un estudio con descripciones de los aspectos mas importantes para el diseño*

- √ *Se adjunta un anexo de precios aproximados de costos de materiales, equipo, estructuras, partidas presupuestales y costos percapita de las instalaciones, para orientar los presupuestos.*

Es deseo que el presente documento coadyuve a la elaboración de mejores proyectos por parte de los proyectistas y también permita un mejor control para su aprobación por parte de los evaluadores.

El Autor

I

Información básica

- 1. Aspectos sociales.**
 - 2. Aspectos logísticos y legales.**
 - 3. Topografía.**
 - 4. Hidrología.**
 - 5. Geología.**
-

1. ASPECTOS SOCIALES

a) Población actual

- Número de habitantes y familias.
- Número de viviendas y descripción de servicios públicos (escuelas y postas médicas, etc).
- Nivel de migraciones permanentes y estacionales.

b) Población a 20 años

- Nivel de crecimiento o decrecimiento desde hace 10 años atrás.
- Determinación de condiciones socio-económicas que pueden afectar el crecimiento a futuro.
- Proyección poblacional a 20 años, en base al análisis de la información anterior.

c) Consideraciones socio económicas

- Ocupación de la población. Indicar las 3 principales actividades.
- Ingreso familiar.
- Posibilidad de financiar instalaciones intradomiciliarias de agua y saneamiento.
- Posibilidad de pago de tarifas por el uso de los servicios.

d) Aspectos organizativos

- Organización actual para agua potable y saneamiento.
- Disposición para el aporte de mano de obra en la ejecución del proyecto, indicando número de jornales/familia, número de familias y periodos del año del aporte.
- Indicar proyectos similares en que aportaron mano de obra.

2. ASPECTOS LOGÍSTICOS Y LEGALES

Deben considerarse los siguientes aspectos:

a) Facilidades para ingeniero residente

- Alojamiento.
- Movilidad.
- Oficina.

b) Condiciones para la construcción

- Acceso a la zona, épocas de interrupción de vías.
- Almacén para materiales y herramientas.
- Lugar de compra de materiales, distancia, fletes.
- Disponibilidad en la localidad del equipo mecánico como retroexcavadora, volquetes, mezcladora, bomba de agua, etc. Precios y condiciones.
- Disponibilidad del personal obrero en la zona indicando períodos difíciles.

c) Condiciones climáticas

Deben presentarse registros de temperaturas y precipitación pluvial de las estaciones más cercanas.

d) Condiciones gerenciales, sociales y políticas

- Experiencias y capacidad de gestión de municipio.
- Condiciones sociales y políticas que pueden afectar la ejecución del proyecto.

e) Condiciones legales

Propiedad de áreas donde se construyan plantas de tratamiento, estaciones de bombeo y reservorios.

3. TOPOGRAFÍA

a) Plano general

- Plano donde se construya todas las obras del proyecto.
- Se recomienda utilizar la carta nacional, en escala 1: 25.000 con curvas de nivel cada 25 m.

b) Plano en planta de obra específica

Se refiere básicamente a zonas donde se ubiquen obras importantes que puedan ser captación (cuando se ubica un río), planta de tratamiento y reservorio. Se recomienda escala 1:100 con curvas de nivel cada 0.5.

c) Plano para instalación de tuberías de conducción, aducción e impulsión

Se debe presentar plano en planta de franja de 20m de ancho (10 m a cada lado del eje de la tubería) en el que se puede apreciar orografía y construcciones (casas, vías, puentes, etc.) y perfil de alineamiento.

Escala recomendada: 1,000 a 1,200 con curvas de nivel cada 1.0 m.

d) Levantamiento del centro poblado y futuras ampliaciones

- Se requiere para el diseño del sistema de distribución.
 - Deben nombrarse las calles, indicando longitud frontal de las propiedades codificadas.
 - Escala recomendada: 1:500 a 1:1000.
 - Curvas de nivel: cada 0.5 a 1.0 m.
-

4. HIDROLOGÍA

a) Tipo y ubicación

Determinar si es manantial, río, canal o agua subterránea y cotas de captación.

b) Determinación de caudales

Se propone la siguiente forma de presentación.

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
l/s												



Caudales aforados



Caudales proyectados en base a información de los pobladores.

En el caso que la fuente de agua sea subterránea, tendrá que incluirse un informe geológico y los estudios de prospección geofísica.

El informe geológico deberá estar orientado a la determinación de la presencia de acuíferos y la prospección geofísica determinará la profundidad del acuífero y la calidad del agua respecto a la salinidad.

c) Calidad de agua

La calidad del agua es una condición fundamental en proyectos de agua potable.

En el capítulo II-3, se describe estas características.

En el caso de captación de ríos además de aspectos físicos, químicos y bacteriológicos, se determinará el transporte de sedimentos para el diseño del desarenador.

5. GEOLOGÍA

Deben determinar los aspectos siguientes:

- Clasificación de suelos para la excavación.
- Determinaciones del nivel freático.
- Materiales para el relleno de zanjas.
- Agregados para el concreto.
- Estudios geológicos específicos.

a) Clasificación de suelos / nivel freático

Se determinará el volumen de excavaciones con la siguiente clasificación:

- Roca fija.
- Roca suelta.
- Tierra.

Para determinar esta clasificación se aperturarán calicatas de 1m de profundidad en el alineamiento de las excavaciones previstas aproximadamente cada 100 m.

Estas mismas calicatas servirán para determinar niveles freáticos.

b) Materiales para el relleno de zanjas

Debe determinarse las canteras para la primera etapa de relleno de zanjas, que debe ser material granular zarandeado, que puede ser el mismo material de excavación y cuando no resulta adecuado debe determinarse las canteras respectivas indicando ubicación, acceso, volumen y costos de explotación y traslado.

c) Agregados para el concreto

Considerando que se utilizará concreto en las obras de captación, plantas de tratamiento y reservorios, así como piletas, es necesario ubicar e indicar los bancos de agregados, obteniéndose muestras para su análisis granulométrico y ser presentado en el expediente técnico.

La distancia del banco a las obra y su facilidad de explotación, así como el acceso vial, determinarán los costos de estos agregados para ser utilizados en los análisis de precios del concreto o tarrajeo.

Los agregados deberán ser hormigón para concreto y arena para tarrajeo.

d) Estudios geológicos específicos

Se realizará para determinar la capacidad portante para la cimentación de reservorios elevados o estudios geofísicos de prospección de agua subterránea y estudios geotécnicos en bocatomas y descripción geológica de las rocas donde se originan los manantiales.

II

Planeamiento

- 1) **Demanda de agua.**
 - 2) **Oferta de agua.**
 - 3) **Calidad de agua.**
 - 4) **Componentes del sistema.**
-

Cuadros:

1. Requerimientos para análisis de agua potable.
2. Parámetros de calidad en el agua.
3. Directiva de la OMS para agua potable.

Gráfico:

1. Esquema de un sistema de agua potable rural.

1. DEMANDA DE AGUA

Para el cálculo de la demanda de agua se requiere analizar cuatro variables, que son:

- Periodo de diseño.
- Población actual y futura.
- Dotación de agua.
- Cálculo de caudales.

1.1 Periodo de diseño

Según DIGESA, el periodo de diseño que debe considerarse de acuerdo al tipo de sistema a implementarse es:

Sistema	Periodo (años)
Gravedad	20
Bombeo	10
Tratamiento	10

Debe entenderse sin embargo, que en todos los casos la red de tuberías debe diseñarse para 20 años.

1.2 Población actual y futura

La población actual se obtendrá de la información de las autoridades locales, relacionándolo con los censos y con el conteo de viviendas y considerando los criterios indicados en el capítulo de información básica.

La población futura, se obtendrá con la fórmula siguiente:

$$Pf = Pa \frac{(1 + rt)}{1,000}$$

Donde:

- Pf : Población futura.
Pa : Población actual
r : Tasa de crecimiento anual por mil
t : N° de años

Ejemplos de aplicación:

Datos:

- Pa = 5,000
r = 25 por mil
t = 20 años

Aplicación:

$$Pf = 5,000 \frac{(1 + 25 \times 20)}{1,000}$$

1.3 Dotación de agua

La dotación de agua se expresa en litros por personas al día (lppd) y DIGESA, recomienda para el medio rural los siguientes parámetros

<u>Zona</u>	<u>Módulo (lppd)</u>
Sierra	50
Costa	60
Selva	70

La OMS recomienda los parámetros siguientes:

Población	Clima	
	Frío	Cálido
Rural	100	100
2,000 – 10,000	120	150
10,000 – 50,000	150	200
50,000	200	250

En el Fondo Perú Alemania, se ha considerado las dotaciones siguientes:

Tipo de proyecto	Dotación (lppd)
Agua potable domiciliaria con alcantarillado	100
Agua potable domiciliaria con letrinas	50
Agua potable con piletas	30

lppd = litros por persona al día

La tendencia a mediano plazo es que las letrinas cambien a alcantarillado y las piletas a instalaciones domiciliarias, por tanto en lo posible, se recomienda diseñar instalaciones a futuro con dotaciones de 100 lppd.

En el caso de colegios, el caudal de diseño considerara un incremento de 50 litros por alumno y en el caso de industrias se realizará un análisis específico.

En los módulos de consumo, por supuesto no está incluido el riego de huertos o la dotación de agua al ganado sobre todo al vacuno que consume aproximadamente 40 a 50 litros por cabeza.

El proyectista deberá evaluar este aspecto incrementando el módulo o advirtiendo para que se tome medidas en la JASS para su prohibición en estos usos. En este último caso, se deberá evaluar con los beneficiarios del proyecto la decisión de usar micro medidores, para el control del uso del agua con tarifas de acuerdo al consumo.

Caudales de diseño

Los parámetros para un proyecto de agua potable son los siguientes:

- Caudal medio diario (Qm).
- Caudal máximo diario (Q max.d)
- Caudal máximo horario (Q max.h)

Para el cálculo, se considera las relaciones siguientes:

$Q_m = \frac{\text{módulo de consumo} \times \text{poblaciones futura}}{86,400 \text{ seg (24 hrs)}}$
$Q_{\text{max d}} = 1.3 Q_m$
$Q_{\text{max h}} = 2.0 Q_m$

Ejemplo de aplicación

Datos:

Módulo: 100 lppd

Población: 2,000 habitantes

Aplicación

$$Q_m = \frac{100 \times 2000}{86,400} = 2.31 \text{ l/seg.}$$

$$Q_{\text{max d}} = 1.3 \times 2.31 = 3.00$$

$$Q_{\text{max h}} = 2.0 \times 2.31 = 4.62$$

El caudal $Q_{\text{max d}}$, servirá para el diseño de la captación y línea de conducción y reservorio.

En $Q_{\text{max h}}$, para el diseño del aductor y sistema de distribución.

En caso se pueda y decida captar el caudal máximo horario, se puede prescindir del reservorio en el sistema.

2. OFERTA DE AGUA

Las fuentes más usuales para el abastecimiento de agua potable son:

- Manantiales.
- Agua de ríos o canales de riego.
- Aguas subterráneas.

2.1 Manantiales

En la fuente más común, para instalaciones de agua potable en pequeños poblados, ya que las demandas mayormente se ubican debajo de los 5 l/seg.

Tienen la ventaja de la facilidad de captación ya que requieren prácticamente de una caja que evita su contaminación antes del ingreso a la línea de conducción y el hecho de que son aguas limpias sin sedimentos.

La desventaja ocurre a veces, por las fluctuaciones del caudal, habiendo casos inclusive en manantiales de caudales bajos, que estos desaparecen en el tiempo, por lo que se recomienda que el proyectista tenga bastante cuidado al considerar el caudal aforado puntualmente (una vez al año), como valedero, sin antes averiguar adecuadamente con la población local sus fluctuaciones durante el año y entre años.

2.2 Agua de ríos o canales de riego

Cuando no se dispone de manantiales de agua, se recurre a la captación directa de algún riachuelo o a la captación indirecta de esta fuente, mediante algún canal construido anteriormente.

La desventaja de captar agua de ríos y canales es que requieren plantas de tratamiento, para mejorar la calidad de agua, además las captaciones de ríos requieren obras más complejas y costosas.

En el caso de captaciones de canales deberá verificarse la disponibilidad del agua durante el año, ya que puede tener un servicio estacional con el riego, o si es un canal lateral, puede tener períodos sin agua por turnos de riego, también debe considerarse cortes de agua por mantenimiento.

2.3 Agua subterránea

Muchas veces, sobre todo en la costa, la única fuente disponible es el agua subterránea.

La detección de acuíferos explotables se realizará mediante estudios geofísicos y su explotación puede hacerse mediante pozos artesanales o tubulares.

Debe indicarse que el aprovechamiento del agua subterránea tiene dificultades por los aspectos siguientes:

- Posibilidad de aguas saladas, desde el inicio o salinización posterior.
- Avenamiento del pozo o pérdida de caudales por depresiones del nivel freático en años secos por movimientos sísmicos.
- Costo de equipo y energía requerida para el bombeo.
- Dificultades logísticas de una JASS en el mantenimiento de electrobombas o bombas diesel.
- Posibilidad de hurto del equipo.

3. CALIDAD DE AGUA

La calidad del agua se determina por tres parámetros que son:

- Físicos.
- Químicos.
- Bacteriológicos.

Los componentes de éstos parámetros se indican en el cuadro N° 02.

De los 3 componentes, los aspectos físicos y bacteriológicos se pueden mejorar con procesos de filtros y desinfección respectivamente.

Los aspectos químicos no se pueden modificar por tanto son los de mayor cuidado. En los cuadros 3 y 4 se indican los parámetros permisibles nacionales y de la OMS.

Un aspecto fundamental en la calidad de las aguas es la salinidad, determinada por la conductividad eléctrica (CE) que se expresa mhos / cm (cuadro 1).

La normatividad USA considera los siguientes parámetros

Cuadro N° 01

Calidad de agua por salinidad

Tipo de agua	CE (micromhos / cm)
Excelente a buena	Hasta 1000
Regular a perjudicial	1000 – 3000
Perjudicial a dañina	Mayor a 3000

Cuadro N° 02

Requerimientos de calidad de agua potable

Físico	Químico	Bacteriológico
Turbiedad	Ph	Contaje total de bacterias
Sólidos totales	Alcalinidad	NMP de coli/100 ml de muestra
Color	Dureza	
Sabor	Hierro	
Olor	Manganeso	
	Sulfatos	
	Cloruros	
	Amoniaco	
	Nitritos	
	Nitratos	
	Oxígeno disuelto	

Cuadro N° 03*Parámetros de calidad y límites máximos de agua potable en el Perú*

Parámetro	LMP
Coliformes totales UFC/100 ml	0 (ausencia)
Coniformes termotolerantes, UFC/100 ml	0 (ausencia)
Bacterias heterotróficas, UFC/ml	500
Ph	6.5 – 8.5
Turbiedad UNT	5
Conductividad 25° C – micromhos/cm	1500
Color, UCV Pt-Co	20
Cloruros, mg/l	250
Sulfatos, mg/l	250
Dureza, mg/l	500
Nitratos, mg NO ₃	50
Hierro, mg/l	0.3
Manganeso, mg/l	0.2
Aluminio, mg/l	0.2
Cobre, mg/l	3
Plomo, mg/l	0.1
Cadmio, mg/l	0.003
Arsénico, mg/l	0.1
Mercurio, mg/l	0.001
Cromo, mg/l	0.05
Fluor, mg/l	2
Selenio, mg/l	0.05

Cuadro N° 04*Directrices de la OMS para la calidad de agua potable (Génova 1933)*

Item	Elementos / sustancias	Símbolo / fórmula	Directriz (mg/l)
1	Aluminio	AL	0.2
2	Antimonio	Sb	0.005
3	Arsénico	As	0.01
4	Bario	Ba	0.30
5	Boro	B	0.30
6	Cadmio	Cd	0.003
7	Cloro	Cl	250.00
8	Cromo	Cr	0.05
9	Cobre	Cu	2.00
10	Cianuro	CN	0.07
11	Fluor	F	1.50
12	Plomo	Pb	0.01
13	Manganeso	Mn	0.50
14	Mercurio	Hg	0.001
15	Molibdeno	Mo	0.07
16	Niquel	Ni	0.02
17	Nitrato y nitritos	NO ₃ , NO ₂	50.00 (nitrógeno total)
18	Selenio	Se	0.01
19	Sodio	Na	200.00
20	Sulfato	SO ₄	500.00

4. COMPONENTES DEL SISTEMA

En un sistema por gravedad

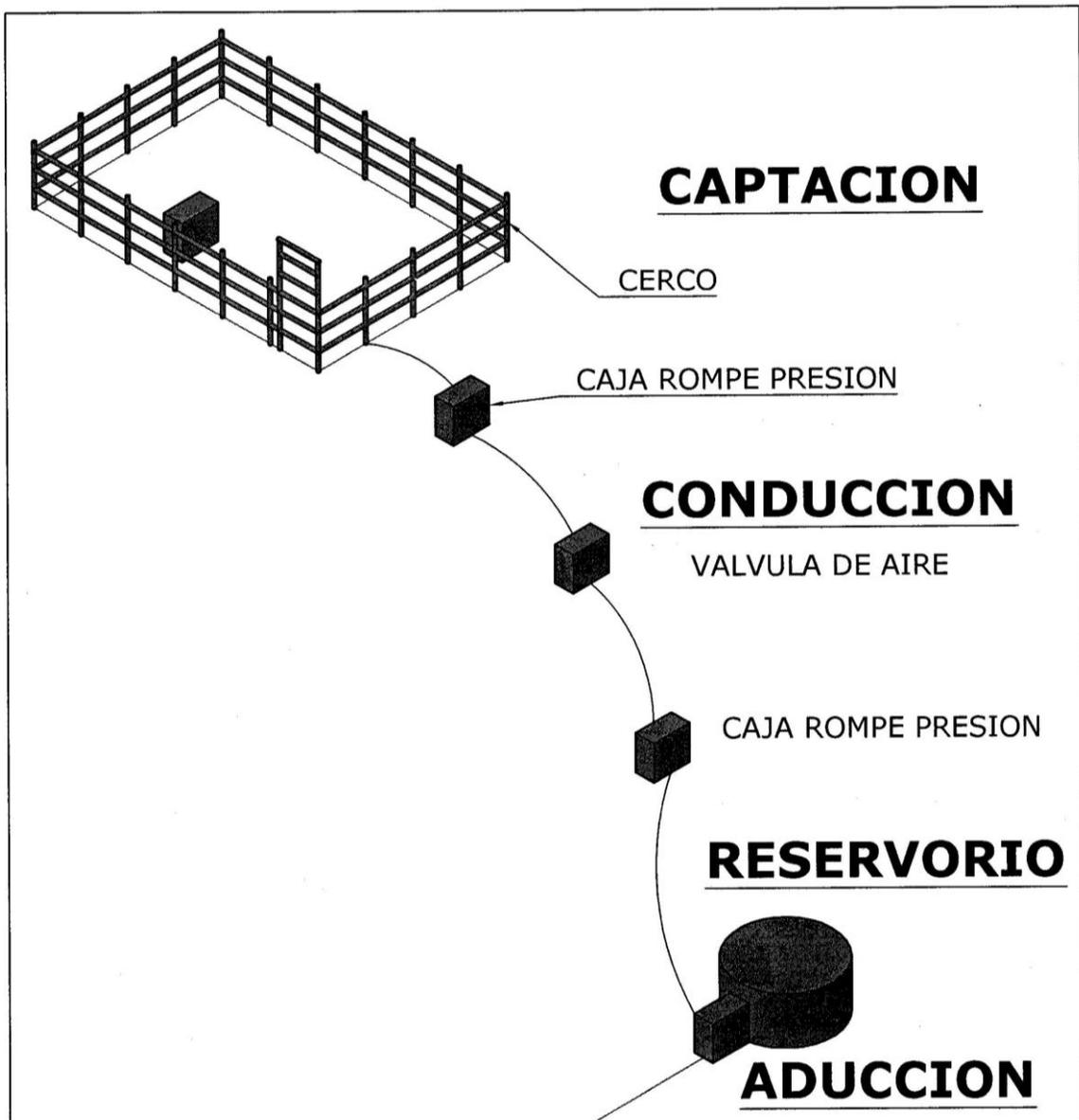
- a) Captación.
- b) Línea de conducción – tubería entre captación y planta de tratamiento o reservorio de almacenamiento.
- c) Planta de tratamiento para mejorar la calidad de agua.
- d) Reservorio de almacenamiento.
- e) Línea de aducción – tubería entre reservorio e inicio de la red de distribución.
- f) Red de distribución – tuberías que distribuye el agua en la población.
- g) Piletas públicas o domiciliarias.

4.2 En un sistema de bombeo

Se tiene respecto al sistema de gravedad básicamente solo 3 cambios.

- a) La captación se convierte en estación de bombeo.
- b) La línea de conducción se convierte en línea de impulsión.
- c) No se utiliza planta de tratamiento.
- d) El resto de los componentes se mantienen igual.

Gráfico II-1: Plano General



III

Tuberías

- 1. Cálculo de caudales.**
 - 2. Resistencia a la presión.**
 - 3. Recomendaciones para su instalación.**
 - 4. Prueba hidráulica.**
-

Gráficos:

1. Abaco para el cálculo de tuberías.
2. Determinación de clases de tuberías.
3. Esquema de instalación de tuberías.
4. Esquema de prueba hidráulica.

1. CÁLCULO DE CAUDALES EN TUBERÍAS DE PRESIÓN

1.1 Fórmulas

a) Fórmula de Hazen y Williams

$$Q = 0.0004264 CD^{2.63} S^{0.54}$$

Coefficientes de fricción

Fierro galvanizado	: 100
PVC	: 140 a 150

Fórmula para PVC:

$$Q = 0.0597 D^{2.63} S^{0.54}$$

Donde:

Q = Caudal (m³/seg)
D = Diámetro (m)
S = Pendiente

b) Fórmula de Manning

Coefficientes de fricción

PVC	= 0.009
Concreto	= 0.015
Fierro galvanizado	= 0.010

Fórmula:

$$V = \frac{S^{1/2} R^{2/3}}{n}$$

$$Q = A.V$$

Donde:

V = Velocidad (m/seg)
R = Radio hidráulico = A/P
A = Área
P = Perímetro
n = Coeficiente de fricción.
Q = Caudal

1.2 Abacos

Se adjunta Abaco para tubería PVC (C = 140)

2. RESISTENCIA A LA PRESIÓN

En el cuadro siguiente se presenta las unidades de presión y sus equivalencias:

Kg/cm²	m.c.a	Atmósfera	PSI	kilopascal	Bares	lbs/pulg²
1	10	0.968	15.495	98.1	0.980	14.223

mca = metros de columna de agua (1 mca = 0.1 kg/cm²)

La relación de la resistencia a la presión de tubos PVC se indica en el cuadro siguiente:

Clase	mca	lbs/pulg²
5	50	71
7.5	75	107
10	100	142
15	150	213

Notas: Presión recomendada para el diseño: 80% de la nominal.

Cuando el proyectista tenga que diseñar sifones con presiones mayores a la clase 15, que debe soportar 120 mca (80% de la nominal) , deberá recurrir a tubos de fierro galvanizado, hasta un máximo de presión de 500 mca.

3. RECOMENDACIONES PARA LA INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA

3.1 Almacenamiento

- El apilado de tubos debe hacerse sobre terreno nivelado hasta una altura máxima de 3 m.
- Los tubos no deben estar expuestos al sol.
- Las campanas de los tubos no deben recibir sobrepeso, lo cual se logra cruzando los tubos alternativamente en el apilado.

3.2 Instalación

a) Excavación de la zanja

- Es recomendable no abrir las zanjas con demasiada anticipación para evitar derrumbes, inundaciones, problemas de tránsito y accidentes.
- La altura de recubrimiento (sobre el tubo) debe ser como mínimo 0.8 m en zonas sin tránsito vehicular. En zonas de tránsito vehicular ligero la altura mínima debe ser 1.00 y en zonas de tránsito pesado 1.20 m.
- Para el ancho de la zanja deberá considerarse las medidas siguientes:

Hasta 2"	0.35
De 2.5 a 3"	0.40
> a 3"	0.50
- El fondo de la zanja debe estar refinado y nivelado, evitando que existan protuberancias rocosas que hagan contacto con el piso.

b) Relleno de zanjas

Cama de apoyo

Para brindar un soporte firme, estable y uniforme a la tubería, se colocará una cama nivelada de 10 cms de espesor (máximo 15 cms en terrenos rocosos) con material granular (suelos gravo – arenosos), con tamaño máximo de 2 cms.

Primer relleno

Colocada la tubería, se procederá al relleno, con el mismo material de la cama.

En caso el material sea con alto contenido de limo o arcilla se compactará con pisones manuales en capas de 15 cms. al 95% de proctor modificado, con una humedad óptima de compactación (aproximadamente 10%).

Segundo relleno

Luego del nivel antes indicado, se proseguirá el relleno con terreno no seleccionado con piedras máximo de 15 cms de diámetro. El relleno se hará en capas de hasta 20 cms y compactados al 95% proctor modificado.

Etapas

En cualquier caso, el relleno se hará inicialmente en el cuerpo de la tubería, dejando libre las uniones, hasta realizar la prueba hidráulica.

Anclajes de concreto y cajas

Se deberá colocar anclajes de concreto en los cambios de dirección (horizontal y vertical) y cuando se tiene reducción de diámetro.

Se instalarán cajas de concreto, cuando se instalen válvulas.

4. PRUEBA HIDRÁULICA

La prueba hidráulica es la verificación de que las tuberías trabajarán adecuadamente con las presiones previstas, sin que existan fugas de agua en las uniones o cualquier parte de la tubería, así como en las válvulas instaladas.

Se recomienda realizar las pruebas, a medida que la obra progresa en tramos no mayores a 300 m. Sin embargo, en caso de sifones, será mejor hacer la prueba una vez terminada toda la instalación.

Para realizar la prueba hidráulica, se cierra el extremo de la tubería con un tapón convenientemente asegurado (o mediante válvulas), con anclaje formado por estacas de madera o fierro o dados de concreto, según el requerimiento de la presión de prueba, diámetro de la tubería y resistencia del terreno.

El llenado de la tubería debe hacerse lentamente, desde el punto más bajo, del tramo que se va a probar. En los puntos altos, cambios de dirección y extremos de línea se debe disponer de salidas de aire, las cuales deben permanecer abiertas durante el llenado, a fin de expulsar el aire interior.

Los bloques de concreto de anclaje en los accesorios deben colocarse por lo menos 7 días antes de elevar la presión para el adecuado fraguado del concreto. Respecto a la tubería, se puede hacer a las 24 horas de instalado. Se recomienda que la prueba hidráulica, deba realizarse hasta una presión 1.5 veces respecto a la presión estática en el punto más bajo del conducto.

La presión de prueba debe mantenerse durante el tiempo necesario para observar y comprobar el funcionamiento de todas las partes de la instalación.

El equipo necesario para la prueba básicamente consiste en una bomba de presión para expulsar el aire dentro de la tubería, un manómetro con válvula de retención, válvula de compuerta para aislar la línea de derivación del manómetro y uniones universales.

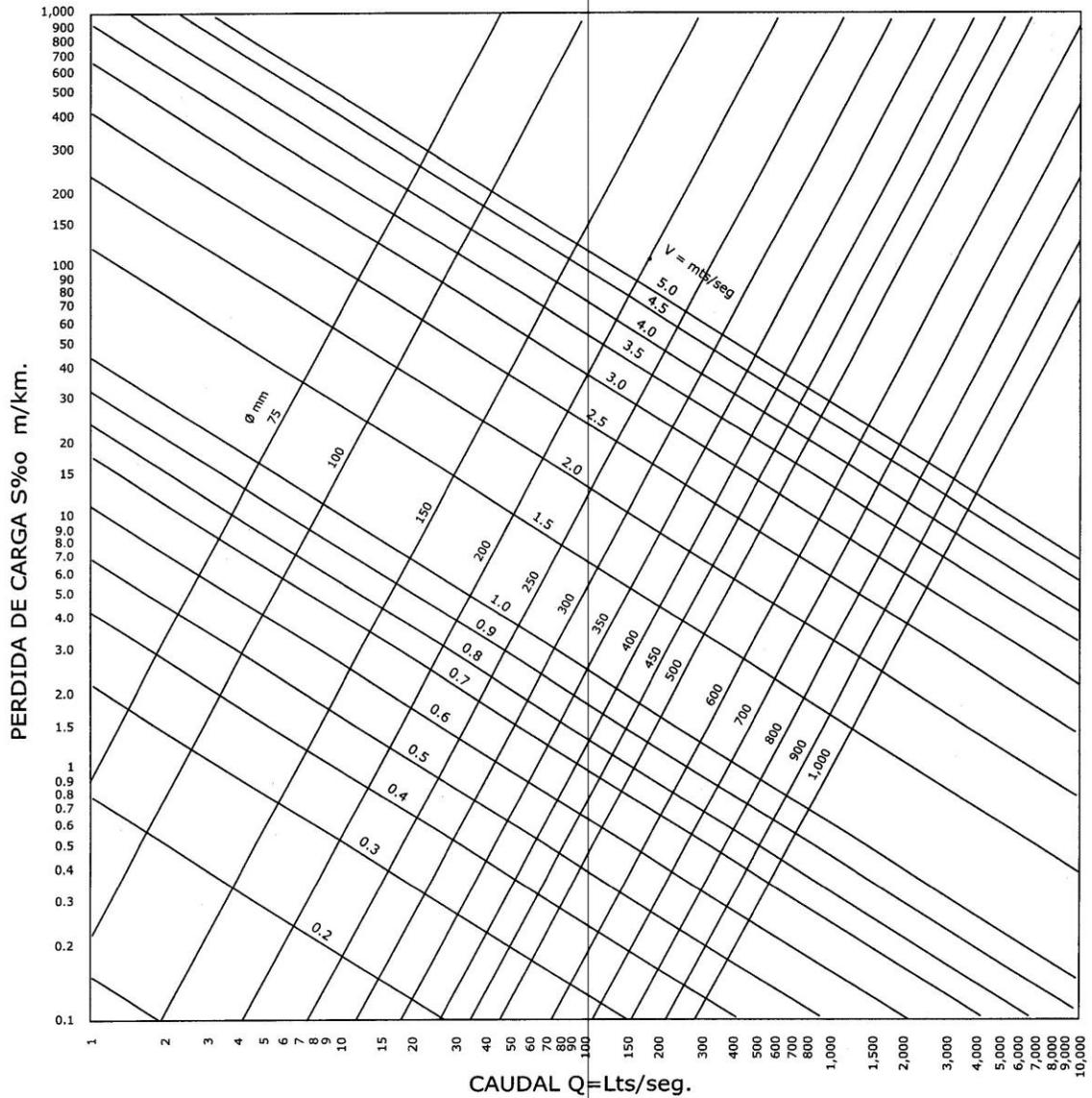
La bomba de prueba debe estar ubicada en la parte más baja del tramo a probar.

Gráfico III-1: Nomograma para el Cálculo de Tuberías

FORMULA DE HAZEN-WILLIAMS

$$Q = 0.0597 D^{2.63} S^{0.54}$$

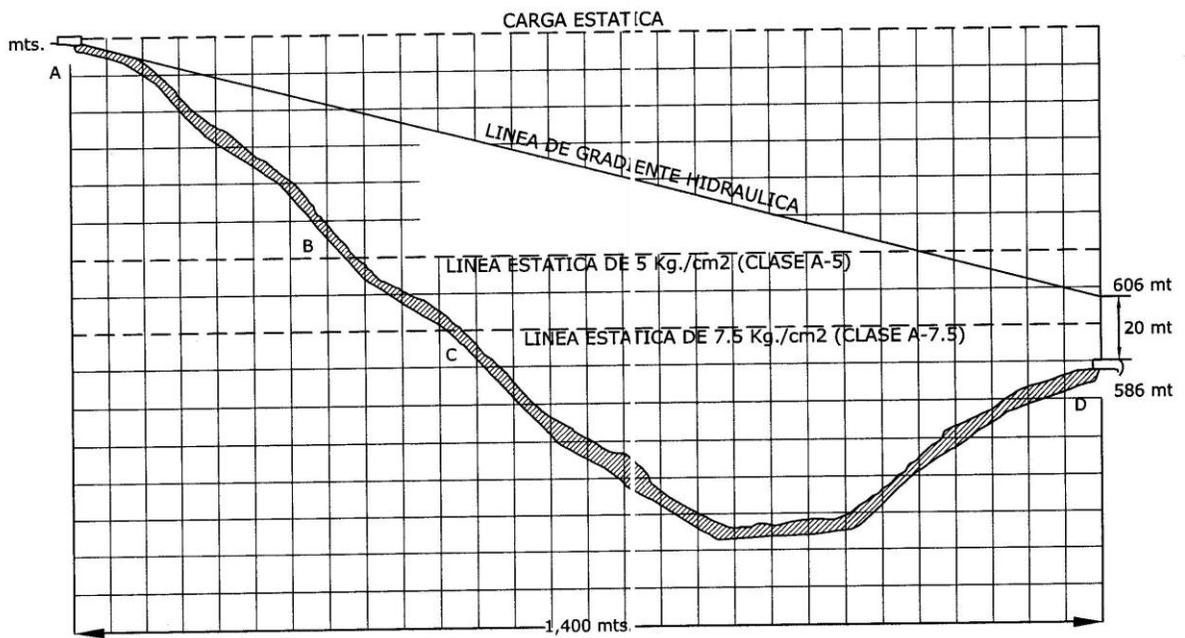
C=140



Dib: Arq. Karina Vilela M.

Dis: Ing. Eduardo García T.

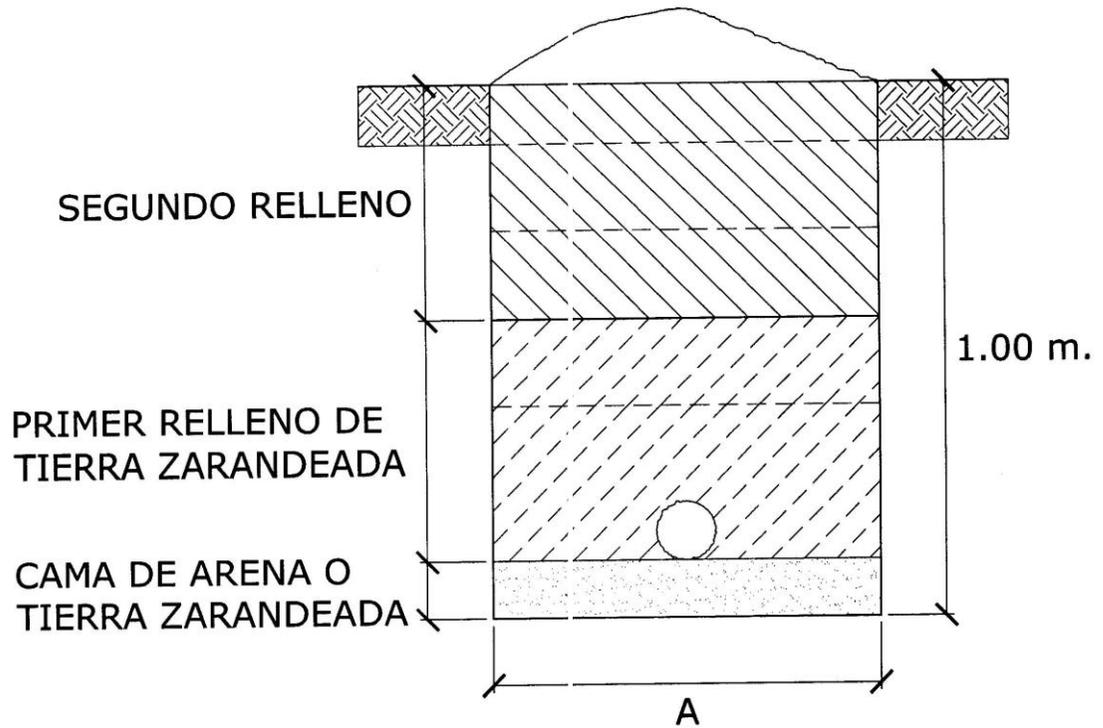
Gráfico III-2: Determinación de Clases de Tuberías



Dib: Arq. Karina Vilela M.

Dis: Ing. Eduardo García T.

Gráfico III-3: Zanja y Relleno en Instalación de Tuberías

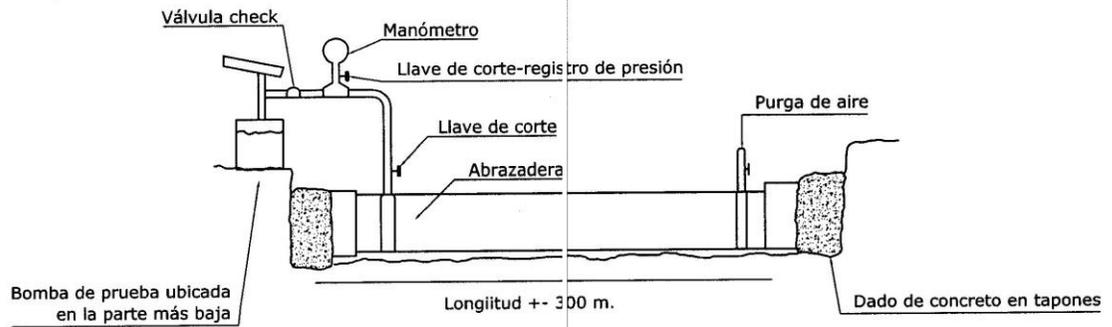


DIAMETRO (Pulgadas)	1" - 2"	2.5" - 3"	> 3"
ANCHO Mínimo (cm)	35	40	50

Dib: Arq. Karina Vilela M.

Dis: Ing. Eduardo García T.

Gráfico III-4: Esquema de la Prueba Hidráulica



Dib: Arq. Karina Vilela M.

Dis: Ing. Eduardo García T.

IV

Diseño de captaciones

1. Manantiales.
 2. Aguas subterráneas.
 3. Ríos o canales.
 4. Check list para el diseño.
-

Gráfico:

1. Cajas de captación de manantiales

1. CAPTACIÓN DE MANANTIALES

1.1 Descripción (ver gráfico n° 01)

La captación de manantiales se realiza mediante una estructura de concreto armado, conformado por 2 cajas, siendo la primera para el ingreso del agua y la segunda como caja de válvulas. Ambos deben tener tapas metálicas herméticas.

La caja de ingreso deberá tener orificios que permiten el ingreso del agua a la caja y tener un relleno de grava entre la caja y el terreno donde se ubica el manantial.

El objetivo es que el agua ingrese a la caja lo más directamente posible sin recibir contaminación del medio ambiente.

De acuerdo al caudal de captación DIGESA clasifica las cajas de captación en 3 tipos, con dimensiones de acuerdo al caudal.

Tipo	Caudal (l/seg.)
C - 1	Hasta 2.5
C - 2	0.7 - 0.8
C - 3	Hasta 6

1.2 Componentes de la estructura

- Caja de captación y caja de válvulas.
 - Rejilla en la entrada de la tubería.
 - Vertedor de excedencias y tubería de limpia.
 - Válvulas para línea de conducción y tubo de limpieza.
 - Zanja perimetral para interceptar escurrimiento al manante y caja.
 - Tubo de ventilación.
 - Tapas de las cajas de 0.80 x 0.60m con cierres herméticos.
 - En manantes dispersos utilizar galerías colectoras hasta la caja.
 - Cerco perimétrico.
-

2. CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

2.1 Descripción

Un sistema de captación de aguas subterráneas esta conformado normalmente por los siguientes componentes:

- a) Pozo de explotación, que puede ser artesanal o tubular.
- b) Caseta de bombeo, que incluye bomba y accesorios.
- c) Generación de energía, que puede ser de acuerdo al caso molino de viento (Eolico), motor diesel o gasolinera, acometida eléctrica o paneles solares.
- d) Línea de impulsión, que es la tubería del pozo al reservorio.

A continuación se describen los aspectos más importantes para el diseño de estos componentes, excepto la línea de impulsión que se describe en el capítulo V.

2.2 Pozas artesanales

a) Descripción

Se utilizan cuando el acuífero a captar se ubica a menos de 20 m. que es la profundidad máxima que se puede llegar con este tipo de pozos.

Normalmente son pozos excavados manualmente y luego revestidos con anillos prefabricados de concreto simple o concreto armado de a 10 a 5 cms de espesor, de acuerdo al caso y con una altura de 0.50 m, para facilitar su manipulación.

Los anillos que están en contacto con el acuífero deberán tener orificios para el ingreso del agua al pozo.

El diámetro interno de los anillos debe ser 1.20 m. para facilitar el ingreso al pozo para su mantenimiento. El diámetro de excavación del pozo debe ser mínimo de 1.60 m.

El espacio entre el anillo con orificios debe llenarse con grava como material filtrante. Es recomendable que el revestimiento del pozo sobresalga por lo menos 0.5 m. de la superficie del terreno, para evitar que el agua de escorrentía ingrese al pozo.

El pozo debe tener un tapa removible para su mantenimiento y una escalera de acceso.

b) Recomendaciones para su ubicación

Para ubicar el pozo, deberá tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

Fuente de contaminación	Distancia de seguridad (m)	
	Terreno común	Suelos gravosos
Tanque séptico	20 - 30	100
Alcantarilla	20	-
Letrina	20 - 30	100
Corral	30 - 50	140
Curso de agua	30 - 50	150

GTZ recomienda

Distancia mínima entre letrina y fuente de 15 m. horizontalmente y del fondo del pozo de la letrina al nivel freático 1.5 m.

2.3 Pozos tubulares

a) Descripción

Se considera un pozo tubular cuando el acuífero se ubica a más de 20 m. de profundidad y se construye con equipo de perforación, siendo el más recomendable el de rotación versus el de percusión.

El lugar y profundidad del pozo se determinan previamente mediante estudios geofísicos, que también debe dar pautas sobre la calidad del agua y las consideraciones de diseño del pozo de acuerdo a la estratificación del terreno.

Durante la ejecución del pozo, se debe llevar un registro minucioso de la estratificación para el diseño del encamisado del pozo y la ubicación y características de los filtros.

En proyectos de agua potable rural los tubos que se utilizan son PVC – Clase 10, de 6 a 8 pulgadas de diámetro.

b) Recomendaciones para su ubicación

Se recomienda que el pozo debe estar a más de 5m. de canales, 15 m. de tanques sépticos y 50 m. de lagunas de tratamiento de aguas servidas.

c) Recomendaciones para perforación y diseño

Dado el grado de especialización de estos aspectos, recomendamos que ambos aspectos los realicen empresas especializadas en el tema.

2.4 Caseta de bombeo

a) Descripción

La caseta de bombeo lo conforma el edificio que protege el equipo de bombeo y sus accesorios. El equipo de bombeo, con energía eléctrica consistirá básicamente de la bomba sumergible, el tubo de bombeo, cable que soporta la bomba, el árbol hidráulico y el tablero de control.

En caso de bombas con energía diesel o gasolina comprenderá el motor, el dinamo y la bomba con sus accesorios antes indicados.

En cualquier caso se deberá contar como mínimo con 2 unidades de bombeo, para su servicio alterno por manejo o mantenimiento.

La edificación debe tener un área mínima de 10 m², construido de material noble y bajo las recomendaciones constructivas siguientes:

- Techo removible para izaje de componentes del pozo durante su reparación o mantenimiento si la caseta se ubica en el pozo.
- Debe ubicarse en zona segura contra inundaciones y hurtos.
- El área debe ser suficiente para el equipamiento, operación y mantenimiento cuando la energía es diesel o gasolina, debe considerarse un almacén adjunto para el combustible.

- Ventilación adecuada e iluminación natural.
- Pozo a tierra y pararrayos cuando la energía es eléctrica.

b) Ubicación de la caseta

Se recomienda ubicar la caseta al costado del pozo y no directamente sobre el pozo por las consideraciones siguientes:

- En pozos artesanales se facilita las operaciones de mantenimiento.
- En pozos tubulares puede ocurrir asentamientos del terreno, alrededor del pozo que afectan la cimentación y estabilidad de la caseta.
Esta situación resulta aun más crítica si encima de la caseta se ubica el tanque elevado del reservorio.
Los asentamientos se producen por avenamiento del pozo, lo que ocasiona hundimientos alrededor del tubo, que trasmite hasta la superficie del terreno.

c) Información para la elección de la bomba

- Balance entre demanda y oferta de agua. La oferta se determina con pruebas de bombeo, de acuerdo a tiempos de sustracción, caudales, niveles estáticos y dinámicos.
- Definición del caudal y tiempo de bombeo en horas por día.
- Altura de bombeo en base a las cotas de ingreso y salida y pérdidas de fricción de tubería de impulsión de acuerdo al caudal y diámetro de la tubería.
- Fuente de energía y eficiencia de las bombas de acuerdo a la altitud de la zona.

d) Cálculo de potencia de bombas de agua.

Fórmula

$P = \frac{gHQ}{e}$

Donde:

- P = potencia en Kw
- g = gravedad (9.81 kg/cm²)
- H = altura de bombeo (m)
- Q = caudal a extraerse (m³/seg)
- e = eficiencia de la bomba (0.40 – 0.60)

Ejemplo de aplicación

Datos:

- H = 35 m (30m de diferencia de cotas y 5 m de pérdida de fricción en tubería)
- Q = 2 l/seg = 0.002 m³/seg
- e = 0.40

Aplicación

$$P = \frac{9.81 \times 35 \times 0.002}{0.40} = 1.71 \text{ kw}$$

$$HP = 1.71 \times 1.34 = 2.30 \text{ HP}$$

2.5 Generación de energía

a) Descripción

Las fuentes de energía posibles, para bombear el agua subterránea y sus gastos referenciales son los siguientes:

Fuente	Costo 1 kw – hora (US\$)
- Motor a gasolina	0.80
- Panel solar	0.45
- Motor diesel	0.39
- Red eléctrica	0.10
- Molino de viento	(no determinado)

Adicionalmente deberán considerarse los siguientes aspectos:

- Los motores diesel o gasolina, deberán renovarse cada 5 a 10 años de acuerdo a su uso.
- Los paneles solares se estima que duren por lo menos 20 años.
- Los molinos de viento, representan muchos problemas en su mantenimiento y su funcionamiento de acuerdo a la estacionalidad de los vientos representa mucha incertidumbre.

b) Bombeo con paneles solares

Considerando que el sol es la fuente de energía del futuro por su limpieza ecológica y costos cada vez más competitivos por el avance tecnológico en su utilización mediante paneles solares, se da algunas apreciaciones al respecto:

- Los paneles solares de placas de silicio, producen energía eléctrica en base a luz solar que para la sierra es de 5 a 6 horas/día.
- La energía solar que llega a la tierra es aproximadamente 1.0 kw/m^2 y con la tecnología actual se obtiene con las placas de silicio una eficiencia de 16%, lo que representa 0.16 kw/m^2 .
- La energía eléctrica producida por las placas, se utiliza para accionar pequeñas bombas de agua eléctricas.
- La instalación y mantenimiento de un bomba eléctrica con paneles solares es simple. Los paneles que son rectangulares de $0.5 \times 1.0 \text{ m}$. se instalan sobre un marco de fierro, con un ángulo adecuado, tratando de que se ubique lo más perpendicular a la luz solar, para lo cual se utiliza una orientación al norte (fijo) o en un balancín este –oeste, movable para hacerlo perpendicular al sol.

Esta estructura de fierro, debe tener 4 salientes orientados hacia arriba, para que sirvan de pararrayos (basta 0.3 m.) y haciendo tierra con un cable o fierro de 3 a 6 metros de longitud.

La altura del panel al suelo será de 0.5 a 1.0 m. y se evitará que el polvo ensucie, pues le quitará potencia.

La duración del panel, se estima que por lo menos sea de 20 años.

La bomba requiere un mantenimiento mínimo de cambio de aceite y revisiones periódicas y podrá durar aproximadamente 10 años.

Ejemplo de cálculos para determinar número de paneles

a) Cálculo de la potencia requerida

Se asume bombear 5 l/seg., a una altura de 30 m. con pérdidas de fricción de 4m.

$$P = g \frac{HQ}{e} = \frac{9.81 \times 34 \times 0.005}{0.4} = 4.169 \text{ kw (4,169 vatios)}$$

b) Cálculo de paneles

Como 1 m² de panel produce 160 vatios, para producir 4,169 vatios se requiere 26 m².

Como 1 panel tiene 0.5 m²., se requerirá 52 paneles.

3. CAPTACIONES DE RIOS Y CANALES

3.1 Captación de río

En el diseño, deberá considerarse que los caudales de captación usualmente no serán mayores a 5 l/seg., por tanto el diseño básico consistirá en:

- Defensa riberaña.
- Bocal con compuerta.
- Canal entre bocal y desarenador.
- Desarenador con vertedor de excedencias.
- Rejilla para ingreso de tubería.

En casos justificados se construirá un barrage en el río

La información básica para el diseño será:

- Área de la cuenca hidrográfica, altitud y precipitación pluvial mensual.
- Caudales medios y extremos mensuales.
- Transporte de sedimentos.
- Derechos de terceros sobre el agua.
- Fuentes de contaminación física, química y bacteriológica.
- Geología para la cimentación de las obras.
- Ubicación y características de agregados para las obras de concreto.
- Acceso a la zona de construcción.

3.2 Captaciones de canal

La captación del canal puede hacerse mediante un orificio en el muro lateral del canal, regulado con compuerta o válvula compuerta, para luego ingresar al agua o un desarenador y de aquí a la línea de conducción con parrilla en el ingreso al tubo.

La información para el diseño será:

- Continuidad de conducción del agua en el canal en el año.
 - Derecho de uso del agua para el agua potable.
 - Calidad del agua (químico, físico y bacteriológico) / transporte de sedimentos.
-

4. CHECK LIST PARA EL DISEÑO

1. Balance hídrico		
<ul style="list-style-type: none"> - Q máximo horario y diario en la demanda. - Hidrograma de oferta de agua. - Caudal de captación. 		
2. Tipo de fuente (marcar con x)		
<ul style="list-style-type: none"> - Manantial () - Río () - Canal () - Subterránea () 		
3. Calidad del agua		
<ul style="list-style-type: none"> - Aspectos físicos. - Aspectos químicos. - Aspectos microbiológicos. 		
4. Condiciones de fuente		
4.1	Manantial	<ul style="list-style-type: none"> - Uso actual / derechos de terceros. - Peligros de contaminación. - Origen geológico (tipo de rocas).
4.2	Río	<ul style="list-style-type: none"> - Cuenca (altitud, área, precipitación pluvial). - Derechos de terceros. - Transporte de sedimentos. - Posibles contaminaciones.
4.3	Canal	<ul style="list-style-type: none"> - Periodos de corte de agua. - Permiso de uso. - Sedimentos y contaminantes.
4.4	Aguas subterráneas	<ul style="list-style-type: none"> - Profundidad acuífero. - Método de prospección. - Tipo de pozo (artesanal o entubado). - Horas de bombeo y caudal. - Potencia de bomba. - Fuente de energía.
5 Tipos de captación (describir)		

V

Líneas de tuberías y reservorios

1. **Conducción / impulsión.**
 2. **Aducción y distribución.**
 3. **Reservorio.**
-

Gráficos:

1. Esquema de trazado de redes de agua potable.
2. Caja rompe presión (CRP)
3. Caja de válvulas.
4. Reservorio.

1. LINEA DE CONDUCCIÓN O IMPULSIÓN

1.1 Descripción

Es la línea que transporta el agua desde la captación hasta el punto de entrega, que usualmente es el reservorio de regulación, pero eventualmente puede ser la planta de tratamiento o puede ser directamente a la red de distribución cuando el caudal de conducción corresponde al caudal máximo horario, lo que hace innecesario el reservorio de regulación.

Sólo se requiere un pequeño reservorio para la cloración.

1.2 Recomendaciones para el diseño

a) Alineamiento

La línea de conducción deberá tener un alineamiento que sea lo más recto posible y evitando zonas de deslizamiento o inundaciones. Debe evitarse también presiones excesivas mediante la construcción de cajas rompe presión y evitar contrapendientes y cuando este es inevitable usar válvulas de aire.

b) Caudal de conducción

El caudal de diseño usual corresponde al caudal máximo diario. Eventualmente caudal máximo horario si se tiene disponibilidad hídrica y se justifica económicamente esta solución, comparando el costo adicional por mayor diámetro de tubería y el ahorro de no construir el reservorio.

En el caso de las líneas de impulsión (bombeo) el caudal de diseño se obtendrá considerando el periodo de tiempo de bombeo por día.

c) Clases de tubería

Se usará tubería PVC de presión (clases 5, 7.5, 10 o 15) de acuerdo a las presiones requeridas, considerando que la presión de diseño debe ser el 80% de la nominal.

En el caso de sifones, se puede realizar una distribución de varias clases de tubería, de acuerdo al perfil de presiones.

El diámetro mínimo para la línea de conducción debe ser de 2".

d) Velocidades

Máxima 5 m/seg (en línea de impulsión 2 m/seg)

Mínima 0.5 m/seg

e) Golpe de ariete

En la línea de conducción deberá evitarse impedimentos de un flujo continuo como pueden ser curvas bruscas o válvulas, para evitar el golpe de ariete.

Nunca deberá colocarse una válvula de cierre en el punto de entrega de la línea de conducción.

f) Dilatación

Para evitar cambios bruscos de temperatura en la línea, que ocasionen problemas de dilatación, la tubería debe enterrarse. En casos de puentes en que la tubería estará expuesta a al intemperie deberá considerarse las juntas de jebe que absorban la dilatación.

g) Instalación de válvulas

Las válvulas deberán soportar las presiones de diseño y ser instalados en cajas de concreto con tapas metálicas aseguradas para evitar su manipuleo por extraños al manejo del sistema.

Las válvulas más usuales son:

- **Válvula de compuerta**

Se instalará al inicio de la línea para el cierre del agua en caso se requiera realizar reparaciones en la línea.

- **Válvula de aire**

Se utiliza para eliminar bolsones de aire en los lugares de contrapendiente, que de no eliminarse produce cavitaciones en la tubería. Se debe colocar en el punto más alto de la tubería.

- **Válvulas de purga o limpia**

Se utiliza en sifones, en el punto más bajo para eliminar sedimentos.

- **Válvulas de retención**

Se utiliza en línea de impulsión, para evitar el retroceso del agua, con el consiguiente vaciado del conducto y posibles daños a la bomba.

h) Cajas de rompe presión (CRP)

Estructuras de concreto armado para romper la presión hasta el punto de su ubicación e iniciar un nuevo nivel estático.

Debe tener entrada y salida del agua, tubería de aereación y tapa de control.

i) Anclajes

Son soportes de concreto para garantizar la inamovilidad de la línea.

Se requiere en los siguientes casos:

- Apoyo de tuberías expuestas a la intemperie.
- Cambios de direcciones verticales y horizontales.
- Lugares de disminución de diámetro.

1.3 Check list para el diseño

Item	Referencia
1	Caudal de diseño a. Máximo diario con reservorio. b. Máximo horario a la red. c. Para línea de impulsión (horas/día)
2	Alineamiento del trazo a. Clasificación de suelos. b. Nivel freático. c. Cercanía de vías. d. Deslizamientos e inundaciones. e. Derechos de propiedad. f. Presiones extremas. g. Contraflechas.
3	Tubería a. Clase (s) y diámetro (mínimo 2"). b. Velocidades (mínimo 0.5 m/seg, máximo 5 m/seg.). c. Profundidad de enterrado (0.8 – 1.2 m). d. Accesorios (codos, válvulas). e. Anclajes.
4	Cajas rompe presión y válvulas
5	Construcción a. Profundidad de enterrado. b. Material de relleno clasificado. c. Ancho de zanja. d. Clasificación de suelos de excavación.

2. LINEA DE ADUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN

2.1 Descripción general

La línea de aducción es la línea entre el reservorio y el inicio de la red de distribución. El caudal de conducción es el máximo horario.

La red de distribución, es el conjunto de líneas destinadas al suministro de agua a los usuarios, que debe ser adecuada en cantidad y calidad. En poblados rurales no se incluye dotación adicional para combatir incendios.

Los parámetros de diseño de la línea de aducción serán los mismos que para la línea de conducción excepto el caudal de diseño.

2.2 Red de distribución

2.2.1 Información básica para el diseño

- Perímetro urbano actual y futuro.
- Ancho de frontis de las edificaciones por calles.
- Vías férreas, vehiculares, cursos de agua, puentes, etc.
- Planos de urbanización y pavimentación.
- Delimitación de zonas de presiones.
- Ubicación reservorio – cota.
- Sistema existente y ampliaciones.
- Definición de etapas.

2.2.2 Recomendaciones para el diseño

a) Caudal

Máximo horario (Q max. h)

b) Tubería

PVC de presión

Diámetro mínimo recomendado

Para líneas principales 2".

Para líneas secundarias 1".

c) Velocidades

Máxima: 2 m/seg.

Mínima: 0.5 m/seg.

d) Delimitación de zonas de presión

Porcentaje del área	Presiones máximas (mca)	
	Estática	Dinámica
85	50	10
10	60	8
5	70	6

e) Ubicación

- Las tuberías del sistema de distribución se instalarán a 1m. del borde de la acera o 1/3 de la calzada, a una profundidad mínima de 0.8 m.
- La separación entre las tuberías de agua potable y alcantarillado será de 3 m. en planta. En casos extremos puede tener una separación de 1.5 m. debiendo estar la tubería de agua potable como mínimo 0.3 m. por encima de la tubería de alcantarillado.

f) Válvulas

• **Válvulas compuerta**

Se utilizará válvulas con vástago no deslizante, provistas de cabezal superior Standard, para todos los diámetros operables mediante llave T.

Se ubicarán en los siguientes lugares:

- Intersecciones de la red principal (como máximo cada 800 m. de longitud).
- Ramales de derivación importante.
- Puntos más bajos de la red, para purga o desagüe.

• **Válvulas de aire**

Se ubicará en el lugar más alto de la contrapendiente para la purga del aire atrapado.

• **Válvula reductora de presión**

Se utiliza para producir una carga de agua predeterminedada, menor que la original y funciona independientemente del caudal que pase por ella.

g) Cámaras rompe presión (CRP)

Se utilizará para regular presiones de agua cuando el desnivel entre reservorio y la red en mayor a 50 m.

Se tiene CRP – tipo 6, cuando no tienen cierre de boya y CRP – tipo 7, cuando tiene boya de cierre.

Los componentes de los CRP son:

- Entrada con válvula de compuerta.
- Salida con canastilla.
- Tubería de ventilación.
- Tapa sanitaria con dispositivo de seguridad.

h) Anclajes

Son de concreto y se utilizan en cambios de dirección y lugares de disminución de diámetro.

i) Conexiones domiciliarias

Son las conexiones al domicilio o pileta pública a partir de la red, con los siguientes componentes:

- Conexión a la red mediante T o abrazadera.
- Tubería de conexión de ½".
- Válvula de cierre antes y después del medidor o solo una sin medidor.
- Medidor (opcional).
- Accesorios y piezas de unión.
- Caja de protección.

2.2.3 Diseño de la red

a) Metodología.

- Determinación de red abierta o cerrada y trazo de líneas principales y secundarias.
- Determinación de caudales por nudo, con la relación siguiente:

$$Q1 = A_1 \times Q_e$$

Donde:

Q1 = Caudal en nudo (l/seg.)

A1 = Área de influencia del nudo.

Qe = Módulo de consumo (l/seg/ha)

b) Trazado de la red (ver cuadro N° 01).

1. Sistema de circuito abierto

Se utiliza en pequeñas poblados y se tiene 2 modalidades:

➤ Espina de pescado

Cosiste de un conducto principal que recorre por la calle principal, que va disminuyendo de diámetro a medida que avanza y que alimenta conductos laterales que se desprenden de él.

El inconveniente es que no da una buena distribución de presiones.

➤ Parrilla

Consiste en una parrilla longitudinal y transversal de tubos de mayor diámetro que alimenta una red con menores diámetros.

Tiene el mismo inconveniente que el anterior.

2. Sistema de circuito cerrado

Se utiliza en ciudades de mediano a gran tamaño.

Consiste de un sistema de conductos principales que rodean a un grupo de manzanas, de los cuales parten tuberías de menor diámetro, unidas en sus extremos al eje.

La ventaja es que como cada tubería es alimentada en sus dos extremos, se disminuye el recorrido, lo que disminuye la pérdida de cargas.

El sistema de circuito cerrado, lo conforman los siguientes componentes:

➤ Circuito primario

Tuberías principales de mayor diámetro de la red (800 – 1000 m de separación).

➤ Circuito secundario

Enlaza al circuito primario con tuberías de diámetro intermedio, separados de 400 a 600 m.

➤ Circuito de relleno

Constituye el sistema propiamente dicho de distribución de agua. Se recomienda diámetro mínimo de 2".

c) Cálculo de diámetro.

1. Para el cálculo de sistema abierto

Fórmula de flujo de tuberías de Hazen y Williams

$$Q = 0.0004264 CD^{2.63} S^{0.54}$$

2. Para el caso de circuito cerrado

Se tiene los siguientes métodos:

- Hardy – Cross (para verificación).
- Tubería equivalente.
- Linealización.

2.3 Check list para el diseño

Item	Referencia
1	Caudal de diseño (máximo horario)
2	Diseño de la red a. Tipo de red (abierta / cerrada). b. Longitud de red. c. Líneas principales y secundarias. d. Método de cálculo. e. Delimitación de presiones (estática 50 m., dinámica 10 m.). f. Delimitación de velocidades (máxima 2 m/seg. y mínimo 0.5 m/seg.) g. Clases de tuberías. h. Diámetros utilizados / método de Hardy Croos o Newton – Raphsom.
3	Válvulas (número y diámetros) a. Bloqueo. b. Desagüe. c. Purga. d. Aereación. e. Reductor de presión.
4	Anclajes
5	CRP tipo 6 y tipo 7
6	Conexiones domiciliarias (con o sin medidor)
7	Construcción a. Profundidad de enterrado. b. Material de relleno clasificado. c. Ancho de zanja. d. Clasificación de suelos de excavación

3. RESERVORIO DE REGULACIÓN

3.1 Recomendaciones de diseño

a) Tipo de reservorio

- Apoyado, cuando se ubica sobre el terreno.
- Elevado, cuando se ubica sobre estructura de soporte.

b) Objetivos

El reservorio debe cumplir los siguientes objetivos:

- Suministrar el caudal máximo horario a la red de distribución.
- Mantener presiones adecuadas en la red de distribución.
- Tener agua de reserva en caso se interrumpa la línea de conducción.
- Proveer suficiente agua en situaciones de emergencia como incendios.

c) Capacidad

Se recomienda el 25% del volumen de abastecimiento medio diario (Q md). Esto equivaldría a un almacenamiento de 6 horas por día (aproximadamente 10 p.m. a 4 a.m.).

DIGESA recomienda 15% en proyectos por gravedad y 20% en proyectos con bombeo.

d) Materiales de construcción

Deben ser de concreto armado.

En reservorios pequeños se puede usar ferro-cemento, hasta un diámetro máximo de 5 m. y altura de 2 m. Hasta 5 m³ se puede usar también reservorio de plástico.

e) Forma

Se recomienda el diseño circular por presentar la relación más eficiente de área/perímetro.

f) Componentes

El reservorio comprende el tanque de almacenamiento y la caseta de válvulas.

El tanque de almacenamiento, debe tener los siguientes accesorios:

- Tubos de entrada, salida, rebose, limpia y ventilación.
- Canastilla de protección en tubo de salida.
- Tubo de paso directo (by – pass) para mantener el servicio durante el mantenimiento del reservorio.
- Tapa sanitaria y escaleras (externa e interna).

La caseta de válvulas, debe tener los accesorios siguientes:

- Válvulas para controlar paso directo (by pass), salida, limpia y rebose, pintados de colores diferentes para su fácil identificación.
- Tapa metálica con seguro para evitar su manipulación por extraños.

g) Ubicación

- La ubicación debe garantizar las presiones de diseño en la zona urbana actual y zonas de expansión.
- El reservorio debe ubicarse lo más próximos a la red de distribución, sobre todo a la zona de mayor consumo.
- Puede darse el caso de requerirse más de un reservorio en caso de dispersión de la población, sobre todo con cotas bastante diferenciadas o varios poblados con un solo sistema de conducción.
- La ubicación debe considerar la delimitación de zonas de presión (sección 2.3 – d), considerando básicamente las presiones admisibles de 50 mca de presión estática y de 10 mca dinámica en la red de distribución.

h) Tiempo de vaciado del reservorio

Se recomienda un tiempo máximo de 4 horas que depende básicamente de la carga hidráulica y diámetro del tubo de salida.

Para determinar el tiempo se usa la relación siguiente:

$$T = \frac{2S \sqrt{h}}{CA \sqrt{2g}}$$

Donde:

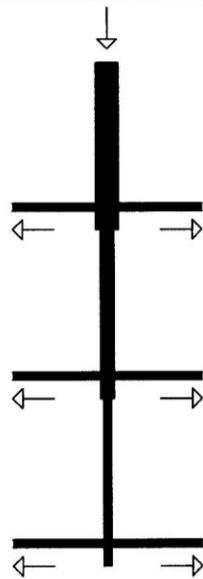
- T = tiempo de vaciado en segundos
S = área tanque (m²).
h = carga hidráulica (m).
C = coeficiente (0.6 – 0.65).
A = área tubo desagüe (m²).
g = aceleración gravedad (9.81 m/seg.²).
-

3.2 Listado de control para el diseño (check – list)

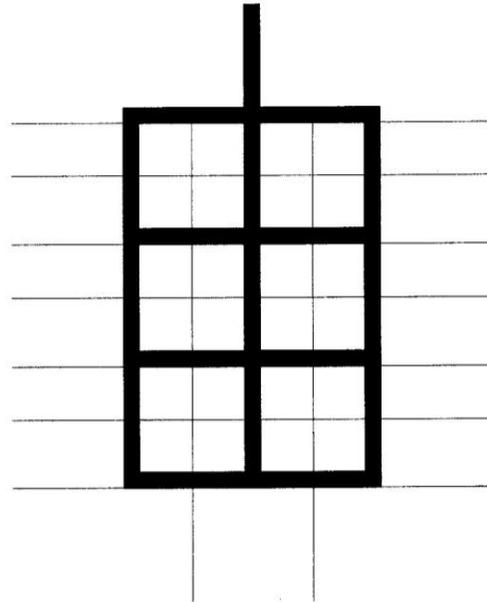
Item	Referencia
1	Capacidad (0.25 máximo diario)
2	Ubicación
	a. Geología adecuada (suelos / drenaje).
	b. Próxima zona de mayor consumo.
	c. Zona alta (cota adecuada).
	d. Protección social y física
3	Tipo: Apoyado / elevado
4	Tipo de material: concreto o ferro cemento
5	Forma y dimensiones
6	Cálculos hidráulicos
7	Cálculos estructurales
	- Espesor
	- Refuerzo de acero
	- Tipo de concreto o material
8	Tiempo de vaciado del tanque (2 – 4 horas)
9	Accesorios y acabados
	a. Conexiones de entrada, salida, limpieza, rebose, by pass.
	b. Rejillas.
	c. Ventilación.
	d. Escalera externa y interna.
	e. Tapa de inspección.
	f. Protección (cerco, descarga de agua)
10	Precaución de construcción

Gráfico V-1: Esquema de Trazado de Redes de Agua

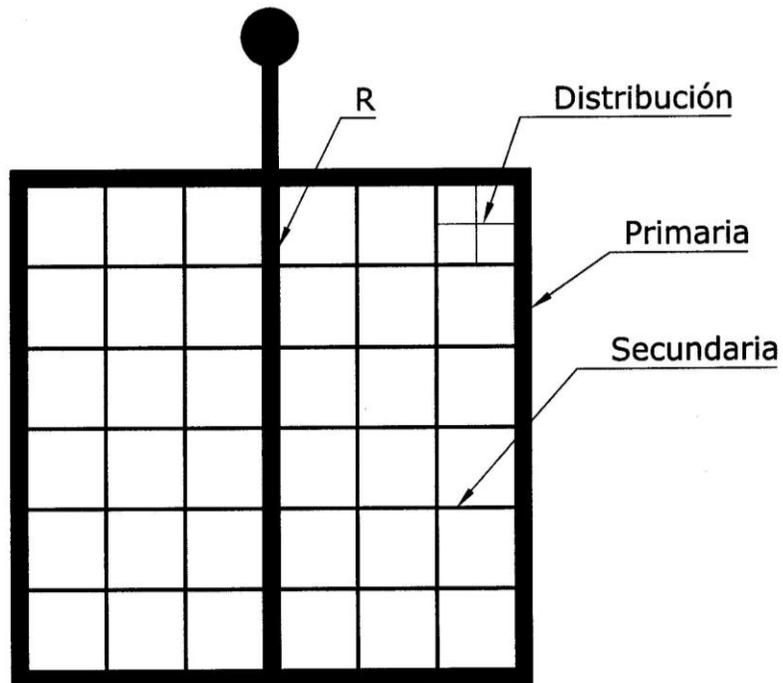
A.- Espina de Pescado



B.- Parrilla



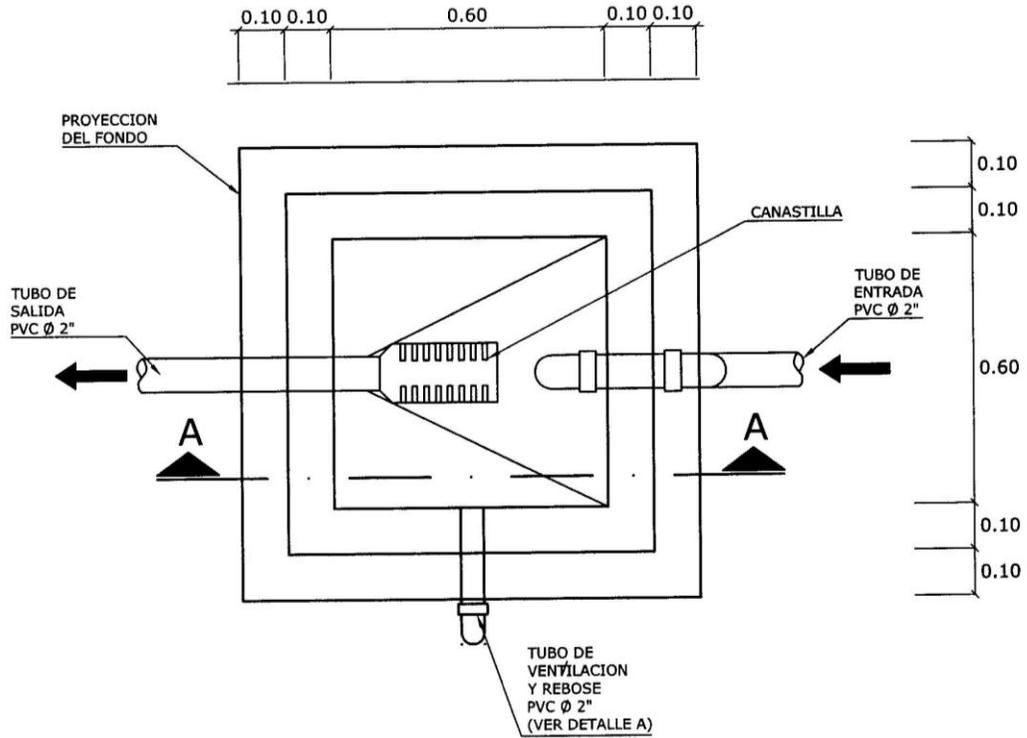
C.- Circuito Cerrado



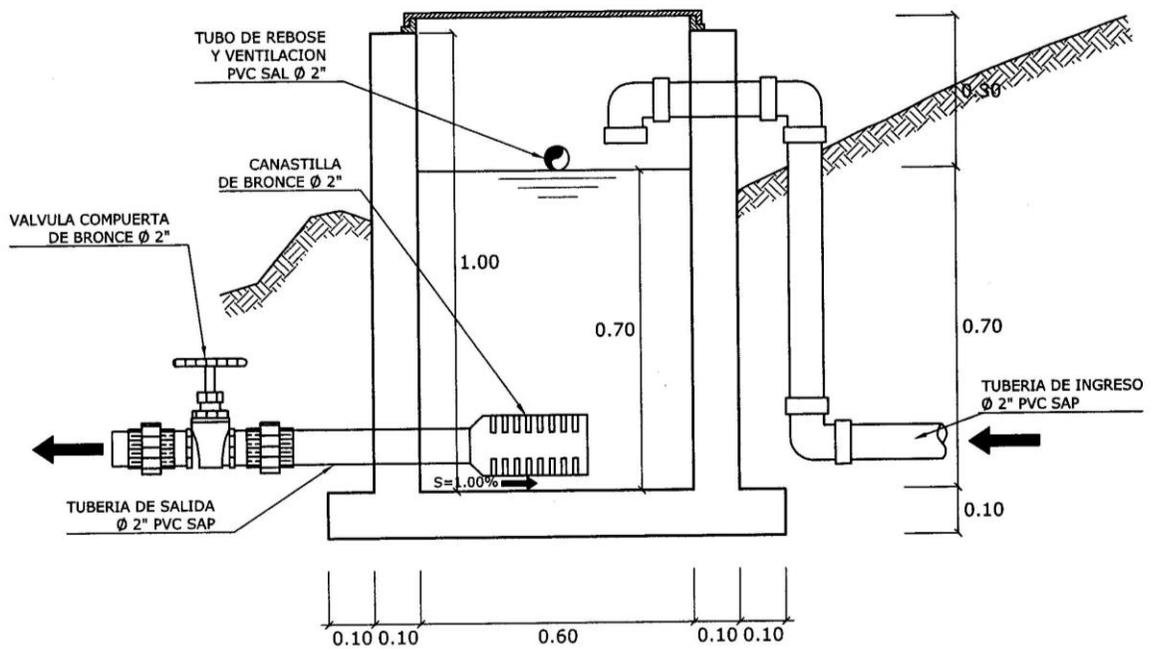
Dib: Arq. Karina Vilela M.

Dis: Ing. Eduardo García T.

Gráfico V-2: Cámara Rompe Presión



PLANTA

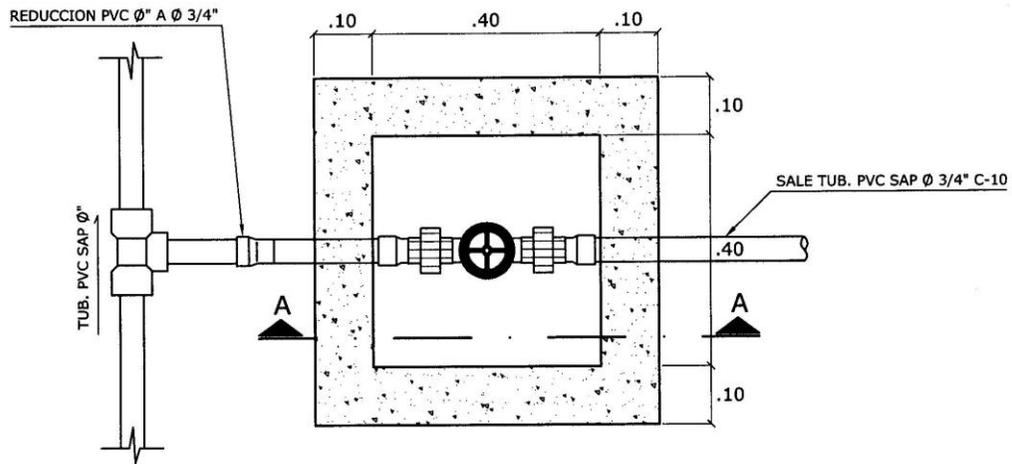


CORTE

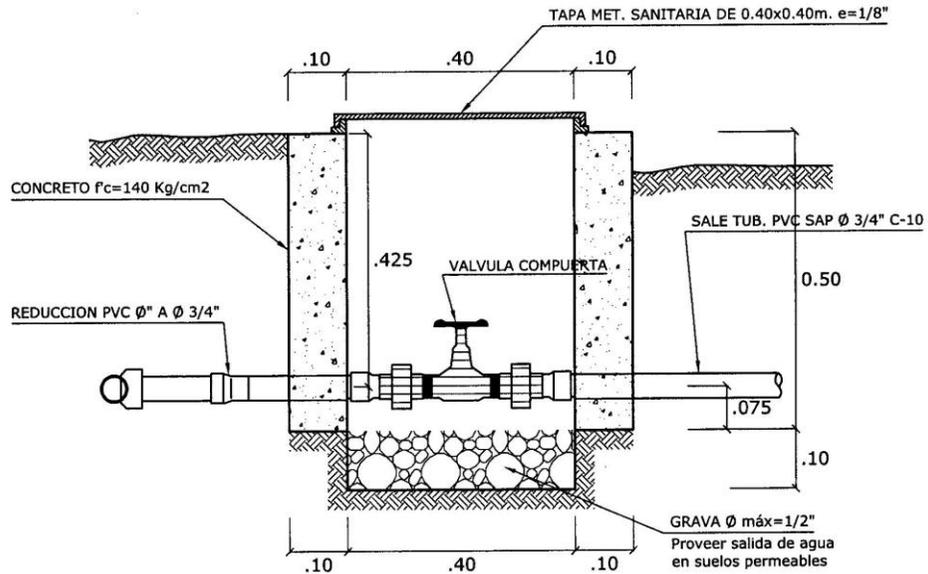
Dib: Arq. Karina Vilela M.

Dis: Ing. Eduardo García T.

Gráfico V-3: Caja de Válvulas



PLANTA

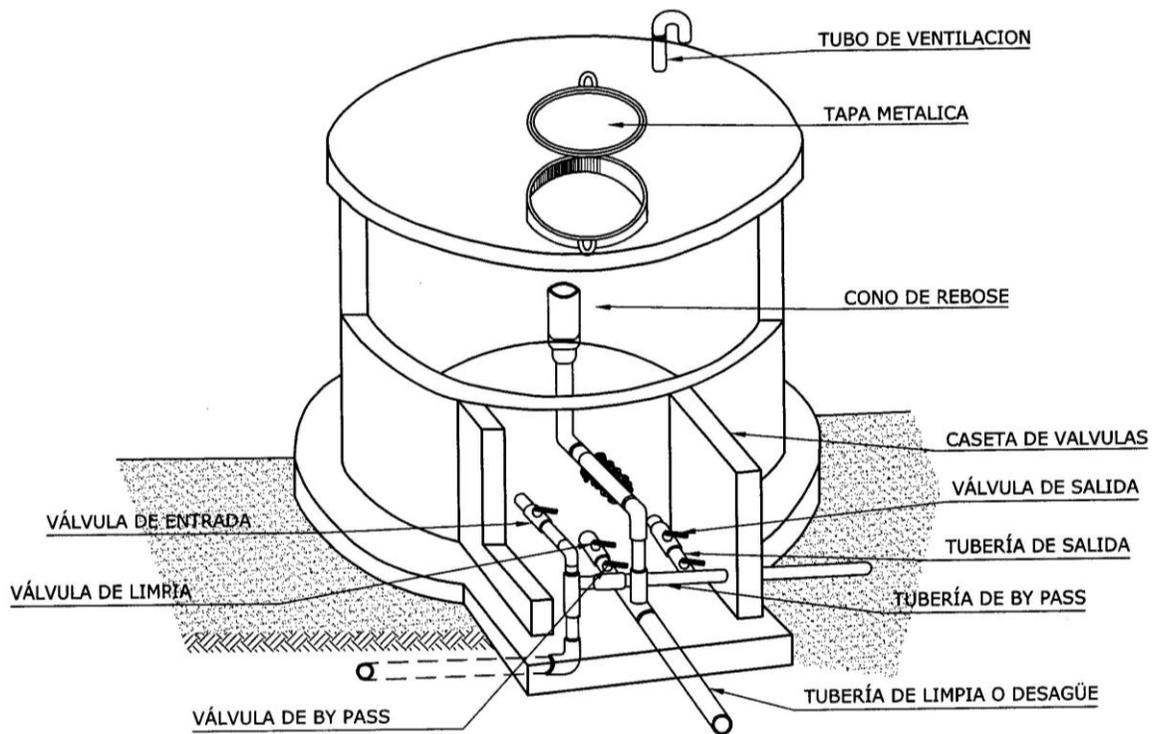


CORTE A-A

Dib: Arq. Karina Vilela M.

Dis: Ing. Eduardo García T.

Gráfico V-4: Reservorio de Regulación



Dib: Arq. Karina Vilela M.

Dis: Ing. Eduardo García T.

VI

Diseño de una planta de tratamiento de filtro lento

- 1. Descripción general.**
 - 2. Proceso de filtración.**
 - 3. Recomendaciones para el diseño.**
 - 4. Recomendaciones para su operación y mantenimiento.**
-

Gráficos:

1. Esquema general de la planta.
2. Sedimentador.
3. Prefiltro de grava.
4. Filtro lento de paredes verticales.
5. Perspectiva.
6. Filtro lento de paredes inclinadas.
7. Alternativas de drenes.

1. DESCRIPCIÓN GENERAL

1.1 Características

Una planta de tratamiento de filtro lento básicamente consiste en un caja (de concreto, ladrillos o mampostería), que contiene arena con un espesor de aproximadamente de 0.7 – 1.4 m. y para su funcionamiento se llena de agua hasta 1 a 1.5 m, por encima de la superficie de la arena, llamada capa sobrenadante.

En la base de la caja debe tener un sistema de drenaje para captar el agua que atraviesa el filtro.

Para el ingreso y salida del agua de la caja deberán llevar las estructuras correspondientes.

Es importante anotar que el agua filtrada no es evacuada en la cota de la base de la caja, sino más alta, en una cota de aproximadamente 0.3 m. por encima de la superficie del filtro de arena, con el objeto de que la filtración sea lenta.

Para que el agua que ingresa a la caja tenga un primer proceso de tratamiento se utiliza un sedimentador o un filtro grueso.

1.2 Efectos

Este sistema de tratamiento elimina la turbidez del agua y reduce considerablemente el número de microorganismos (bacterias, virus y quistes).

Es un proceso semejante a la percolación del agua a través del subsuelo debido al movimiento lento del agua.

Estos filtros se utilizan desde el siglo XIX habiéndose probado su efectividad en múltiples usos, resultando como uno de los procesos de tratamiento más efectivo, simple y económico para áreas rurales. Su diseño simple facilita el uso de materiales y mano de obra locales y no requiere equipo especial.

1.3 Tipos

Los filtros lentos pueden ser de varios tipos:

- Convencionales.
- Modificados.
- Flujo ascendente.
- Dinámicos.

El más usado es el convencional, por resultar el más práctico para su operación y mantenimiento.

El filtro convencional tiene un flujo constante de sentido ascendente, altura constante y velocidad regulada.

Sus componentes son:

- Capa sobrenadante.
- Lecho filtrante.
- Sistema de drenaje.
- Sistema de regulación (entrada y salida).

1.4 Restricciones y condiciones

Las restricciones de su uso son las siguientes:

- Turbiedad del agua mayor a 50 UT, por pocos días hasta 100 UT.
 - Temperaturas menores a 4° C.
 - Presencia de agroquímicos en el agua, que pueden modificar o destruir el proceso microbiológico que sirve de base a la filtración lenta.
 - Es fundamental la presencia de la luz solar.
-

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La filtración biológica (o filtración lenta) se consigue al hacer circular el agua cruda a través de un manto poroso, usualmente arena. Durante el proceso, las impurezas entran en contacto con la superficie de las partículas del medio filtrante y son retenidas, desarrollándose adicionalmente procesos de degradación química y biológica que reducen a la materia retenida a formas más simples, las cuales son llevadas en solución o permanecen como material inerte hasta su subsecuente retiro o limpieza.

Los procesos que se desarrollan en un filtro lento se complementan entre sí para mejorar las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua tratada, actuando en forma simultánea.

El agua cruda que ingresa a la unidad, permanece sobre el medio filtrante (filtros lentos convencionales) de tres a doce horas, dependiendo de las velocidades de filtración adoptadas. En este tiempo las partículas más ligeras se pueden aglutinar, llegando a ser más fácil su remoción posterior. Durante el día y bajo la influencia de la luz del sol, se produce el crecimiento de algas, las cuales absorben bióxido de carbono, nitratos, fosfatos y otros nutrientes del agua, para formar material celular y oxígeno. El oxígeno así formado se disuelve en el agua y entra en reacción química con las impurezas orgánicas, haciendo que éstas sean más asimilables por las algas.

En la superficie del medio filtrante se forma una capa principalmente de origen orgánico conocido como “piel de filtro”, formado principalmente por algas, plankton, diatomeas, protozoricos, rotíferas y bacterias.

La acción de estos organismos atrapa, digiere y degrada la materia orgánica contenida en el agua.

El agua sale libre de impurezas y con bajo contenido de sales en solución.

Por lo general el agua sale con bajo contenido de oxígeno y alto contenido de CO₂, por lo tanto se requiere aereación.

La arena de cuarzo tiene carga negativa, mientras que todos los metales en solución están cargados positivamente, por lo que son absorbidos por el cuarzo.

Esta actividad biológica actúa en los primeros 0.4 m. del filtro.

Factores que afectan el proceso:

- Diámetro de partículas (del material filtrante).
- Temperatura (la eficiencia es baja, cuando baja de 2° C).
- Desarrollo de algas, requieren luz. Sin embargo, filtros cubiertos también trabajan bien.
- Capacidad de oxidación del filtro.
- Pesticidas y sustitutos tóxicos (negativo).
- Los poros conforman aproximadamente el 40% del volumen.

3. RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO

3.1 Pre filtro sedimentador (ver gráfico 1)

Estructura para que el agua discurra a baja velocidad, para la decantación de partículas finas, removiendo:

- Turbidez hasta 1000 UT.
- Partículas mayores a 0.05 mm.

Las recomendaciones para el diseño son:

- Profundidad: 1.5 a 2.5 m.
- Relación largo / ancho: 4 a 6/1.
- Relación largo profundidad: 5 a 20/1.
- Tiempo de retención: 4 a 12 horas.

Ejemplo de aplicación:

Diseñar un sedimentador para $Q = 2$ l/seg.

Diseño:

Se asume sedimentador de:

- Profundidad 2m. (cumple entre 1.5 a 2.5 m.).
- Ancho de 2 m. y largo de 10 m. (relación 5/1 Ok).
- Relación largo / profundidad: $10/2 = 5/1$ (ok=
- Tiempo de retención.

$$\text{Vol} = 2 \times 2 \times 10 = 40 \text{ m}^3.$$

$$T = \frac{V}{Q} = \frac{40,000 \text{ l}}{2 \text{ l/seg.}} = 20,000 \text{ seg} = 5.55 \text{ horas}$$

(cumple 4 a 12 horas)

3.2 Prefiltro de grava (ver gráfico N° 02)

Las recomendaciones para el diseño son:

- Profundidad de lecho de grava : 1 m
- Agua sobrenadante : 1 m
- Área : 10 – 100 m²
- Velocidad de filtración : 0.5 m/hora

3.3 Filtro lento (ver gráfico 3 y 4)

a) Cálculo del área de la caja del filtro

Alternativa 1

Se utiliza la siguiente relación:

$$A = \frac{V}{0.1 a + b}$$

Donde:

A = Área en m² de la superficie del filtro.

V = Volumen de demanda diaria en m³.

a = Horas de operación / día.

b = Coeficiente dependiente del N° de horas de servicio / día.

Horas	Coeficiente
8	0.5
16	0.7
24	0

Aplicación

Ejemplo 1: Población 1000 habitantes con módulo de 100 lppd funcionando 24 horas.

$$A = \frac{100 \times 1000 \text{ litros/día}}{0.1 \times 24 + 0} = \frac{100}{0.1 \times 24 + 0} = 41.6 \text{ m}^2$$

Ejemplo 2: idem para 8 horas.

$$A = \frac{100 \text{ m}^3}{0.1 \times 8 + 0.5} = \frac{100}{1.3} = 77 \text{ m}^2$$

Alternativa 2

<i>Relación A = 0.02 a 0.08 m² /persona</i>
--

Donde:

A = Área en m² de la superficie del filtro.

Ejemplo 1: 0.04 x 1000 = 40 m²

Ejemplo 2: 0.08 x 1000 = 80 m²

Comentario: Con ambos métodos para operación de 24 horas se obtiene 41 a 40 m² y para 8 horas se obtiene 77 y 80 m² que son similares.

b) Altura de la caja del filtro

De 2.20 m. a 3.60 m., con la distribución siguiente:

- Drenaje : 0.3 – 0.4 m.
- Lecho filtrante : 0.7 – 1.4 m.
- Capa sobrenadente: 1.0 – 1.5 m.
- Borde libre : 0.2 – 0.30 m.
- Total** **2.20 – 3.60 m.**

c) Condiciones de caja

- Se construye de concreto simple o armado, ladrillos o mampostería de piedra.
- Los muros pueden ser verticales o inclinados, ya que lo que importa en el diseño es el área superficial y no el volumen.
- Debe ser hermético para evitar pérdida de agua.
- La caja puede tener forma circular o rectangular.
- Las paredes inclinadas tiene las siguientes ventajas:
 - Menor espesor de muros por transmitir la carga del terreno.
 - Menos volumen de excavación.
 - Menor volumen de material filtrante.

d) Número

Se recomienda el siguiente número de cajas trabajando en paralelo

Nº de cajas	Población (habitante)
2	< 2000
3 a 4	> 2000

e) Drenaje

El dren es la estructura que sirve para evacuar el agua filtrada, que será conducido al reservorio de regulación.

Los drenes pueden ser:

- Tuberías perforadas.
- Ladrillos o bloques de concreto con aberturas.

Encima del dren se colocará una capa de grava de 0.2 m. de espesor, denominado capa de soporte, con granulometría decreciente en el sentido ascendente.

El espesor del dren será de 0.3 a 0.4 m.

Los drenes se colocan en forma de espina de pescado con orientación hacia el punto de salida.

f) Lecho filtrante

Es el filtro propiamente dicho, formado por material inerte granular durable, normalmente arena sin arcilla y sin materia orgánica.

Las características deben ser:

- Espesor : 0.7 – 1.40 m.
- Granulometría
 - Tamaño de granos : 0.15 – 0.35 mm.
 - Coeficiente de uniformidad (CU)
 - Ideal: 1.5
 - Usual: 1.8 – 2.0
 - Máximo: 3
 - Velocidad de filtración : 0.1 m/hora/m²
 - Área de filtros : 10 – 100 m².

g) Capa sobrenadante

Cumple básicamente las siguientes funciones:

- Proporcionar la carga necesaria al filtro para vencer la resistencia del lecho filtrante al paso del agua.
- Proporciona un tiempo de retención del agua de varias horas, para que en un proceso físico y bioquímico las partículas en suspensión se asientan y aglomeren.

El espesor de la caja sobrenadante debe ser de 1.00 – 1.50 m.

h) Sistema de regulación y control (entrada y salida)

• Ingreso de agua

El ingreso debe ser mediante un vertedor ancho, que caiga a un mandil de concreto (o tablas) en el lecho de filtración, para evitar que el filtro se ahueque con la caída del agua.

El llenado del lecho filtrante debe realizarse de abajo hacia arriba para eliminar el aire, por lo que se debe diseñar un tubo de ingreso con válvula, para el ingreso del agua por la parte baja.

• Salida del agua

El agua del drenaje ingresa a un caja de la misma altura que la caja del filtro, con un vertedor de salida de las aguas tratadas, cuyo nivel podrá salir:

- Máxima : altura capa sobrenadante (1.0 o 1.5 m).
- Mínima : 0.10 a 0.20 encima del nivel del filtro.
- Media : 0.5 m. encima del filtro.

Esta agua se conducen con tubería al reservorio de regulación.

Además de la salida descrita, es necesario considerar una salida de purga, en el fondo de la caja del filtro, con tubo y válvula, para verter toda el agua cuando se quiera hacer una limpieza.

Ejemplo de aplicación de diseño de un filtro lento

Datos:

Diseñar un filtro lento para 200 familias (1000 habitantes)

Aplicación:

Área:

Se asume 0.06 m² / persona (se ubica entre 0.02 – 0.08 m²).

Por tanto se tiene : 0.06 x 1000 = 60 m².

N° de pozas : 2

Área de poza : 30 m².

Dimensiones (asumidas) : 5 x 6 x 3 m de altura.

Con la distribución siguiente:

- Drenaje : 0.3 m (entre 0.3 – 0.4 m)

- Filtro : 1.30 (entre 0.7 – 1.40 m)

- Capa sobresanante : 1.20 (entre 1.0 – 1.50 m)

- Borde libre : 0.20 m

Total : 3.00 m (entre 2.80 – 3.50)

3.4 Check list para el diseño

Item	Referencia
1	Datos básicos a. Caudal de ingreso (Q max diaria y horario). b. Población de diseño.
2	Pre tratamiento a. Sedimentador (L x a x h) b. Pre filtro de grava (L x a x h)
3	Caja de filtro a. Número. b. Area (0.02 a 0.08 m ² / persona. c. Dimensiones (L x a x h). d. Tipo de drenes y altura. e. Material de construcción.
4	Lecho filtrante a. Altura lecho filtrante (0.70 a 1.40 m). b. Altura capa sobrenadante (1.00 a 1.50 m). c. Borde libre (0.2 m). d. Granometría de lecho filtrante (0.15 – 0.35 mm, con C.U de 1.5 a 2.0).
5	Sistema de regulación y control a. Tipo de ingreso (vertedero). b. Tubería y válvula para el llenado (parte baja). c. Cota de salida. d. Tubo y válvula de purga.

4. RECOMENDACIONES PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Es tarea simple si el filtro esta bien diseñado y cuando se dispone de un operador adecuadamente capacitado.

El fundamento es mantener una velocidad constante conservando el nivel de la capa sobrenadante. Por tanto, hay que controlar ingreso (H1) y la salida (H2).

Operación inicial

El lecho filtrante debe llenarse en forma ascendente con agua tratada, para expulsar burbujas de aire hasta 10 a 20 cm., por encima del filtro, luego se cierra la válvula de fondo y se prosigue hasta llenar el nivel de diseño.

La “maduración” del filtro puede ser de 1 a 7 días hasta obtener agua de calidad.

Limpieza (mantenimiento rutinario)

Determinar espesor de capa que se deben extraer, que depende del estado de colmatación de la arena y se establece determinado al porcentaje de sedimento contenido en la arena, que debe tener menor al 5% de sedimento.

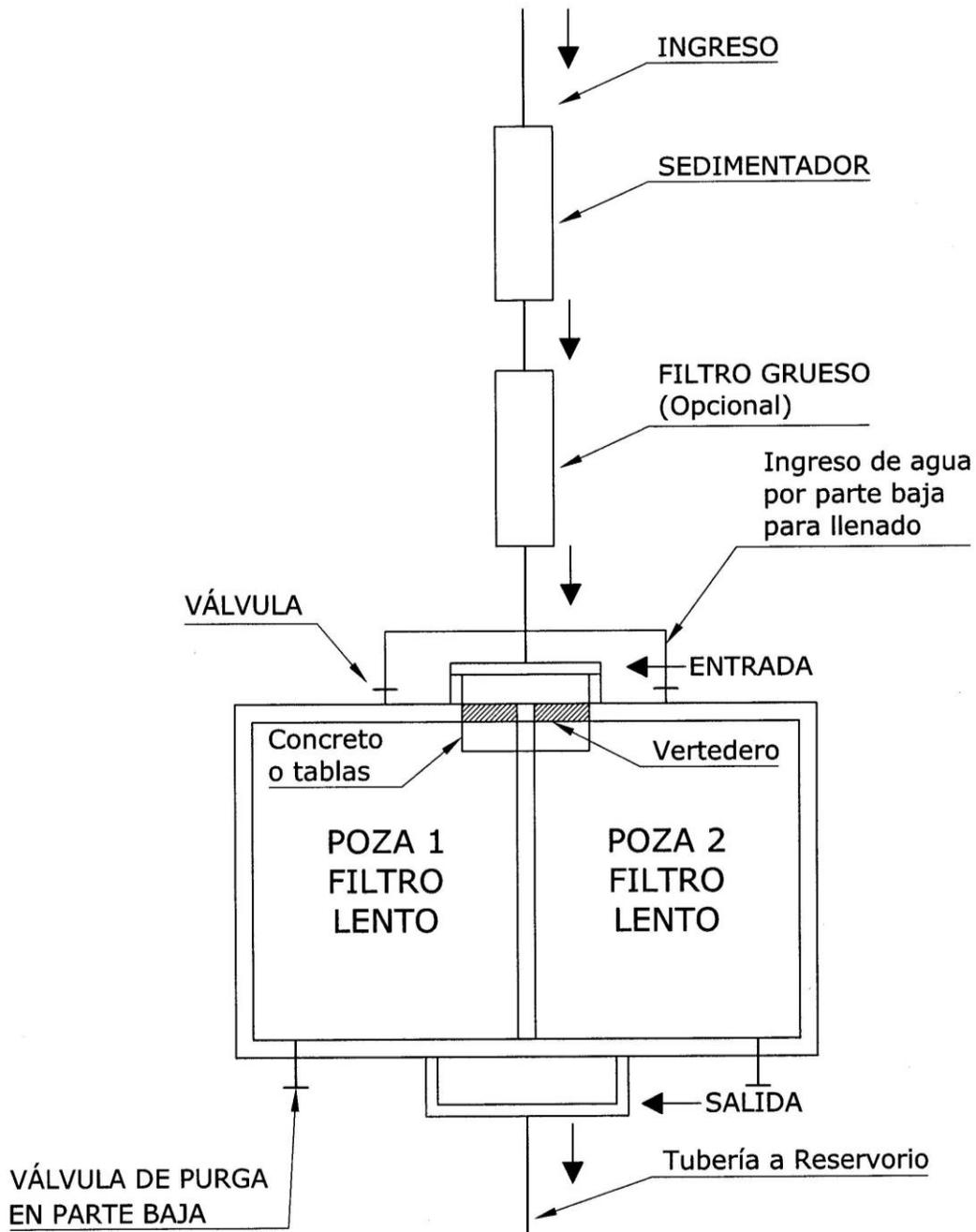
Esto se realiza hasta 10 cms de la capa superior

Determinado el espesor se raspa con palas, luego se rastrilla para darle mayor porosidad y se pasa el emparejador para darle un acabado liso. Luego se llena para empezar otro ciclo.

La reposición total del lecho filtrante se hace después de 20 a 30 raspados cuando se llega a un espesor mínimo de 0.70 m.

Cada 5 años se recomienda sacar el filtro, lavar el tanque y hacer un llenado nuevo.

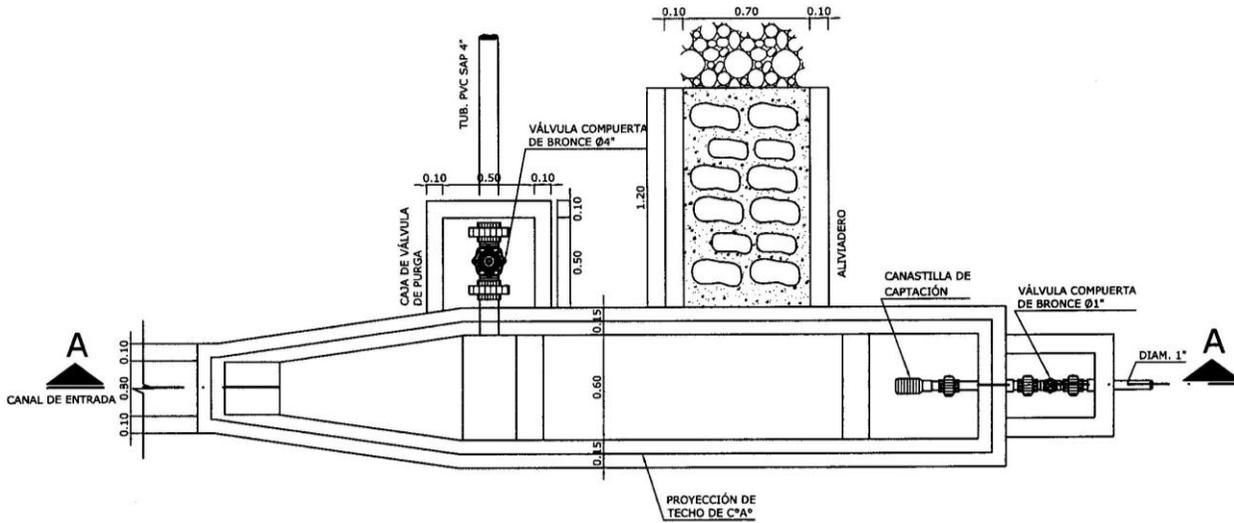
Gráfico VI-1: Esquema de Planta de Tratamiento mediante Filtro Lento



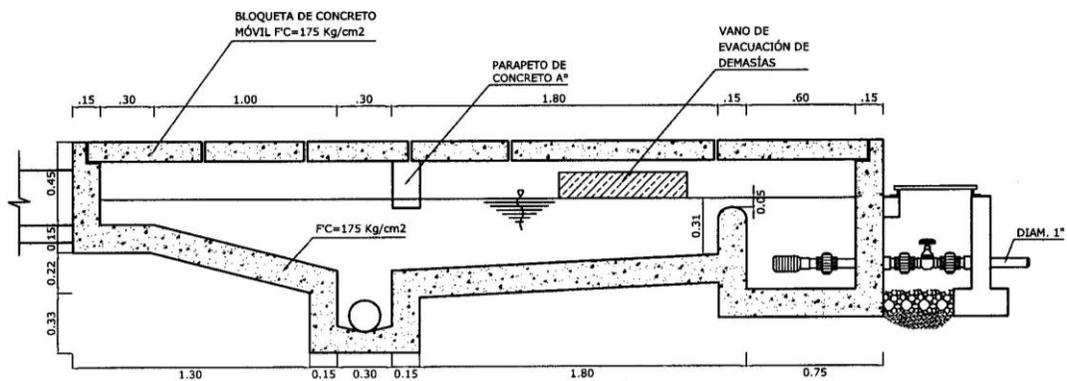
Dib: Arq. Karina Vilela M.

Dis: Ing. Eduardo García T.

Gráfico VI-2: Sedimentador



PLANTA

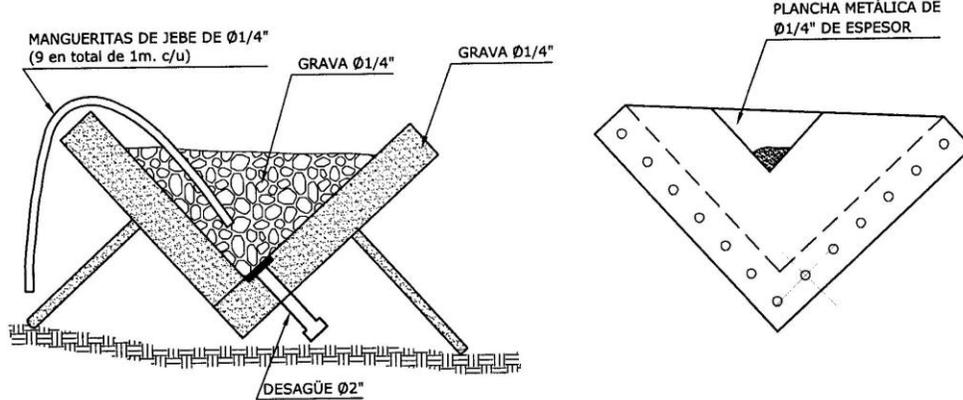
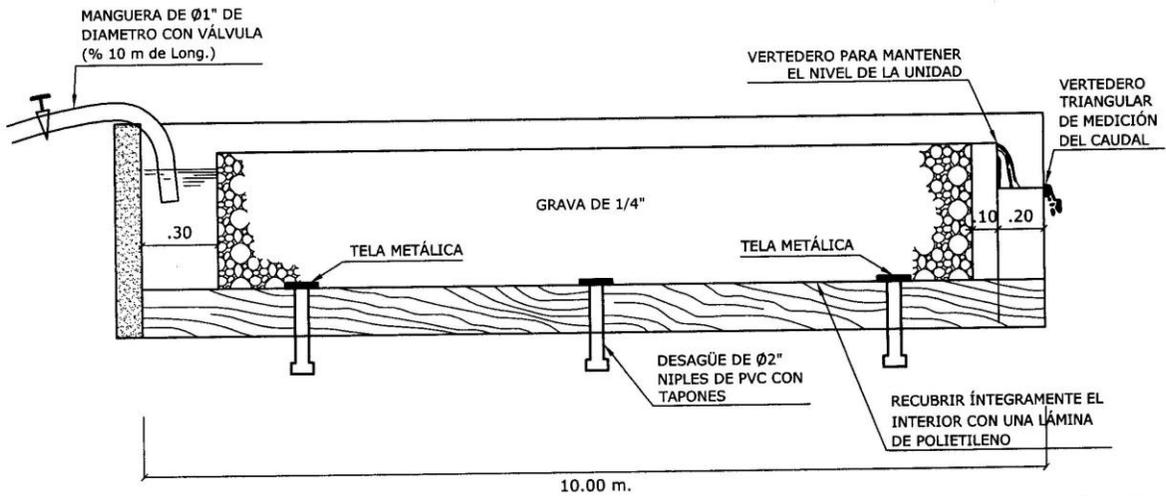


CORTE A-A

Dib: Arq. Karina Vilela M.

Dis: Ing. Eduardo García T.

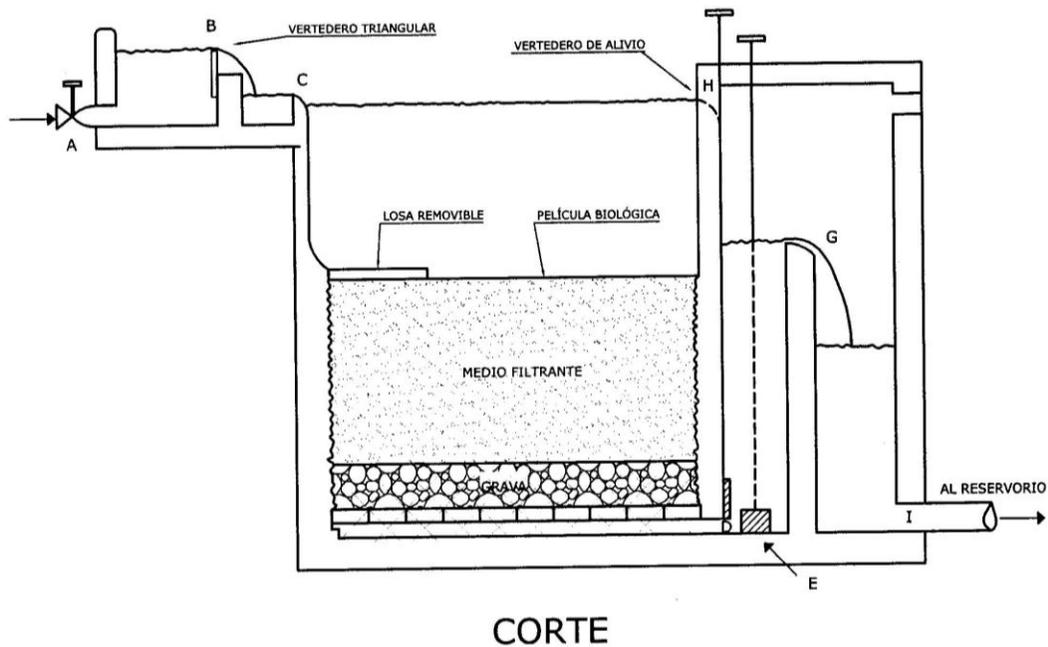
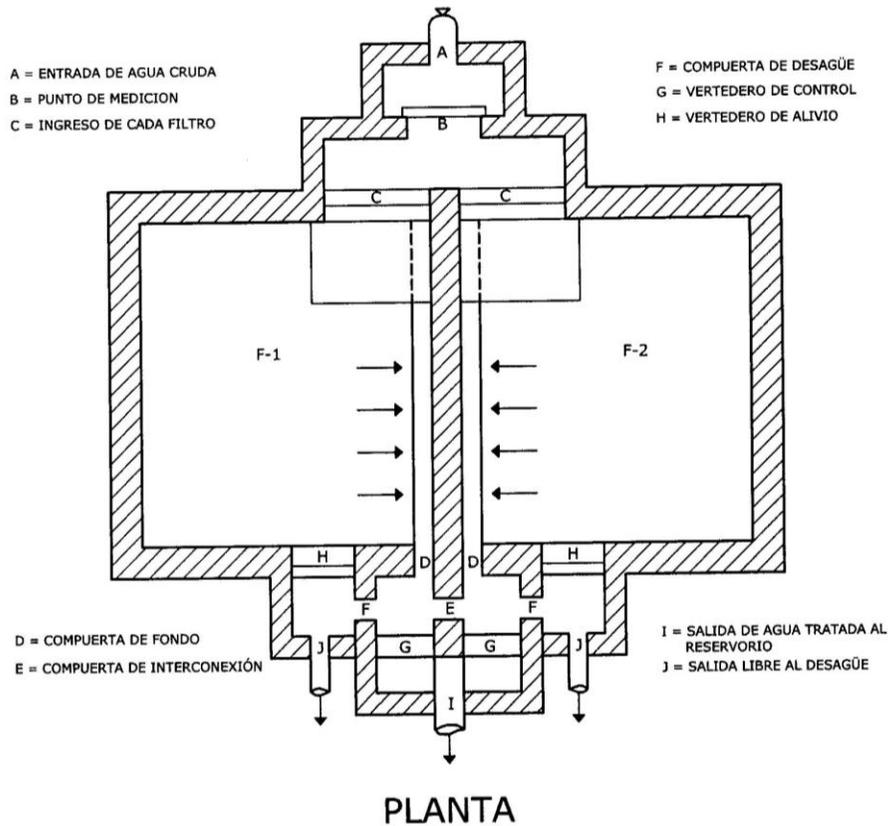
Gráfico VI-3: Filtro Grueso



Dib: Arq. Karina Vilela M.

Dis: Ing. Eduardo García T.

Gráfico IV-4: Filtro lento

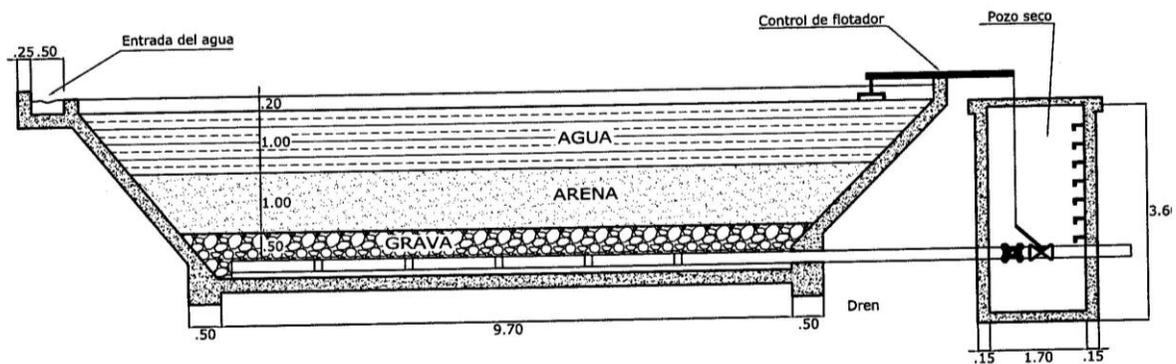


Dib: Arq. Karina Vilela M.

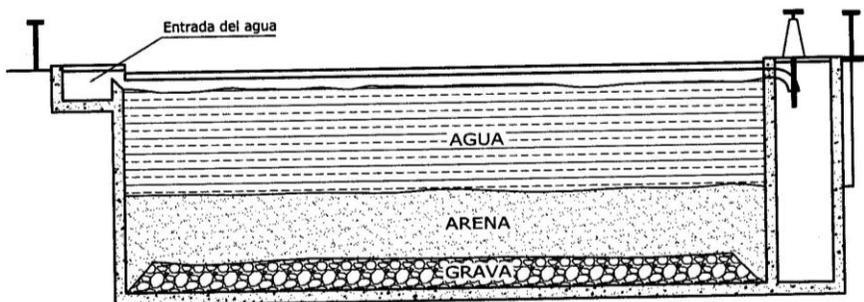
Dis: Ing. Eduardo García T.

Gráfico VI-6: Alternativas de las Paredes del Filtro Lento Inclinado

A) INCLINADAS



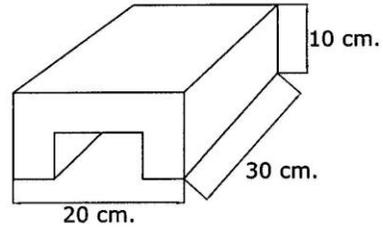
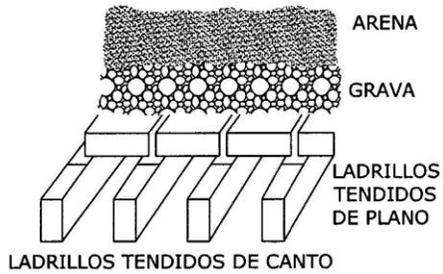
B) VERTICALES



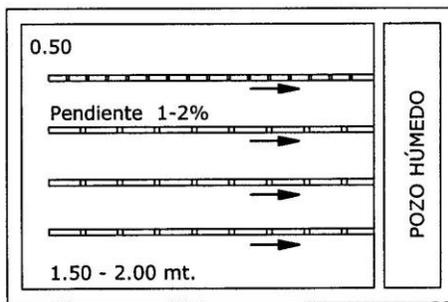
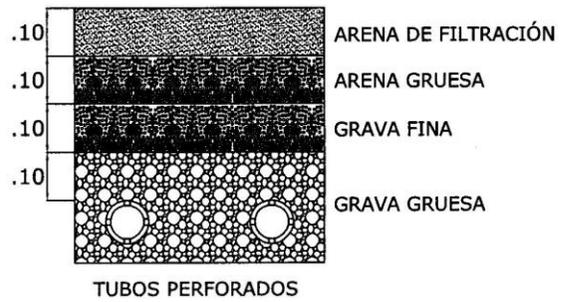
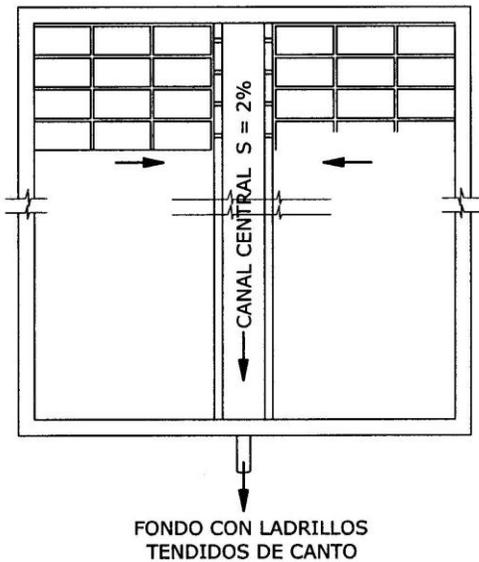
Dib: Arq. Karina Vilela M.

Dis: Ing. Eduardo García T.

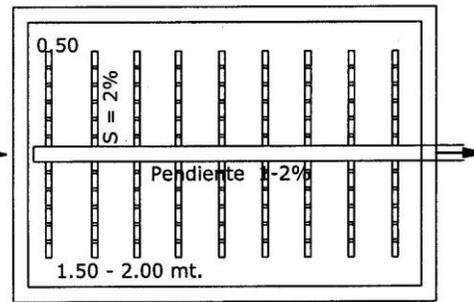
Gráfico VI-7: Tipos de drenes del Filtro Lento



BLOQUES DE CONCRETO POROSO CON FORMA DE PUENTE



TUBERÍAS PERFORADAS



TUBERÍAS PERFORADAS

Dib: Arq. Karina Vilela M.

Dis: Ing. Eduardo García T.

ANEXO - B

COSTOS REFERENCIALES
(año de referencia: 2007)

-
- 1. Materiales.**
 - 2. Maquinaria.**
 - 3. Estructuras.**
 - 4. Partidas presupuestales.**
 - 5. Costos de instalaciones nuevas.**
-

ANEXO 1**COSTOS DE MATERIALES**

1. TUBERIAS (Costo en Soles/ml)					
D (pulg.)	PVC - PRESION			Fe-Go	Desagüe con rosca
	C-5	C-7.5	C-10		
½	-	-	1.40	6.30	-
¾	-	-	1.80	9.0	-
1	-	-	2.40	-	-
1.5	-	-	4.00	-	-
2	5.30	6.40	8.20	30	-
2.5	6.50	9.20	-	-	-
3	9.50	13.50	17.40	45	-
4	15.50	22.20	28.20	-	-
4	-	-	-	-	13
6	-	-	-	-	20
8	-	-	-	-	30

2. VALVULAS			
Diámetro	Compuerta de bronce Marca CIM-70	Compuerta esférica	De aire
1	55	48	
1.5	92	119	
2	149	176	260
3	350	485	
4	620	805	

ANEXO 2

COSTOS DE MAQUINARIA

Ítem	Referencia	Costo hora máquina (Soles)
01.	Cargador frontal 2.5 yardas cúbicas	190
02.	Tractor Bulldozer D6C	180
03.	Motoniveladora 125 HP	115
04.	Volquete 10m ³	170
05.	Volquete 8m ³	160
06.	Camión cisterna	100
07.	Rodillo liso 100 HP	70
08.	Mezcladora de concreto tipo trompo 20 HP	15
09.	Compresora neumática 76 HP	40
10.	Martillo 50lbs.	19
11.	Motobomba 4"	15
12..	Compactador vibrador tipo plancha 4 HP	15
13.	Vibrador de concreto 4 HP	5
14.	Teodolito con miras (4)	7
15.	Bomba de mano para prueba hidráulica	7
16.	Camioneta pick-up doble cabina	40

ANEXO 3**COSTOS DE ESTRUCTURAS**

Ítem	Referencia	Unidad	Costo (Soles)
A	AGUA POTABLE		
01.	Captación Tipo C-2	U	600
02.	Captación Tipo C-1	U	1,000
03.	CRP - Tipo 6	U	800
04.	CRP - Tipo 7	U	1,500
05.	Reservorio de Regulación 10 m ³	U	12,000
06.	Reservorio de Regulación 20 m ³	U	20,000
07.	Reservorio de Regulación 30 m ³	U	25,000
08.	Reservorio de Regulación 50 m ³	U	30,000
09.	Filtro lento (1,000 personas)	U	50,000
10.	Pozo artesanal con anillos de concreto armado	m	1,000
11.	Pozo artesanal con bomba manual	m	1,400
12.	Pozo tubular	m	2,000
13.	Bomba sumergible con tablero y árbol hidráulico 2 HP	U	6,000
14.	Conexión domiciliaria	U	100
15.	Micromedidor	U	65
B	SANEAMIENTO		
01.	Buzones (profundidad media 1.5m.)	U	1,000
02.	Tanque séptico de 20 m ³	U	11,000
03.	Tanques sépticos de 20 m ³ en batería	U	8,000
04.	Laguna facultativa 2,000 m ³ (1,000 personas)	U	40,000
05.	Conexión domiciliaria	U	190
06.	Caja desgrasadora	U	60
07.	Cámara de inspección condominial (buzón)	U	200

ANEXO 4**PARTIDAS PRESUPUESTALES**

Ítem	Referencia	Unidad	Costo (Soles)		
			Hasta 1.20m	De 1.20 a 2.00m	De 2.00 a 3.00 m
1	Excavación de zanjas (en agua y saneamiento)				
1.1	En tierra (manual)	m3	5.00	10.00	15.00
1.2	En tierra (retroexcavadora)	m3	3.00	4.00	6.00
1.3	Roca suelta	m3	8.50	15.00	20.00
1.4	Roca fija	m3	25.50	30.00	35.00
2	Refine de caja	ml	0.35		
3	Cama e=10cms.	ml	1.00		
4	Relleno material seleccionado (de 1.00 - 3.50n de h)	ml	3.00		
5	Relleno material común (de 1.00 - 3.50n de h)	ml	2.00		
6	Prueba hidráulica	ml	0.50		
7	Traslado material excedente (D = 2 Km.)	m3	15.00		
8	Concreto fc = 140kg/cm ²	m3	220.00		
9	Concreto fc = 175kg/cm ²	m3	250.00		
10	Concreto fc = 210kg/cm ²	m3	270.00		
11	Encofrado y desencofrado	m2	15.00		
11	Acero de refuerzo	Kg.	3.50		
12	Tarrajeo	m2	20.00		
16	Instalación tuberías agua (de ½ - 4")	ml	0.60		
17	Instalación tubos desagüe de 6" - 8"	ml	1.30		

ANEXO 5

COSTOS DE INSTALACIONES NUEVAS

Ítem	Referencia	Costo per-cápita US \$
1	Agua potable con conexión domiciliaria	56
2	Agua potable con pileta pública	44
3	Alcantarillado con tratamiento aguas servidas	87
4	Letrinas	26

BIBLIOGRAFIA

GTZ	Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua y Saneamiento en Zonas Rurales
DINASBA	Reglamentos técnicos de diseño para sistemas de agua potable
Fondo de las Américas	Manual de Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua Potable por gravedad sin tratamiento
TUBOPLAST	Manual de Instalación
TUBOPLAST	Especificaciones técnicas
DIGESA	Normas de diseño para proyectos de abastecimiento de agua potable para poblaciones rurales
FONCODES	Parámetros de diseño de infraestructura de agua y saneamiento para Centros Poblados Rurales
FONCODES	Criterios para la selección de operaciones técnicas y niveles de servicio en sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento en zonas rurales
Organización Panamericana de la Salud	FILTROS
National Academy of Sciences	EL AGUA POTABLE SEGURA ES ESENCIAL
Guía Latinoamericana del Agua	FILTROS LENTOS
Ing. Lidia Vargas de Cánepa	PLANTAS DE TRATAMIENTO DE FILTROS LENTOS
CEPIS	UNATSBAR
Bureau of Reclamation	Clasificación ASHTO
WATER FOR THE WORLD	DESIGNING SEPTIC TANKS
Universidad de Sevilla	TECNOLOGIAS NO CONVENCIONALES DE BAJO COSTO
Organización Panamericana de la Salud	Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques IMHOFF y lagunas de estabilización